# Le complet résolu

# 4ème A Sc-expérimentales

Conforme aux nouveaux programmes

# Physique - Chimie

**27** problèmes corrigés

Avec des niveaux de difficulté

**9** devoirs corrigés

Contrôles et synthèses

**Avec** résumés de cours

Les notions indispensables

**+** unités et conversions

Conformes aux programmes



**TOME 1**


**FATHI REKIK**
Professeur principal distingué

**MOURAD FGAIER**
Professeur principal distingué

# Le complet résolu Physique - Chimie

**Conforme aux nouveaux programmes**

## $4^{ème}$ Année secondaire

# Sc-Expérimentales

# TOME 1

**Résumés de cours**
**Exercices et devoirs corrigés**

FATHI REKIK
**Professeur principal**

MOURAD FGAIER
**Professeur principal**

## *DANS CET OUVRAGE, VOUS TROUVEZ* 

☛Une rubrique intitulée **L'essentiel du cours**, où les connaissances fondamentales du nouveau programme officiel de la 4ème année secondaire sont rassemblées, condensées et ordonnées en points forts. Il est conseillé de bien lire cette partie avant de chercher à résoudre les exercices et les devoirs de contrôles et de synthèses.

☛Une partie intitulée **Exercices**, composée d'exercices d'entraînement classés par objectifs et par niveaux de difficulté.
La résolution de ces exercices vous permez d'être progressivement autonome et d'avoir à votre actif une expérience des plus fécondes pour la suite de vos études.
Ces exercices ont fait l'objet de corrections soignées et détaillées, toutes regroupées dans la partie correction à la fin de chaque chapitre.

☛Une collection **des devoirs typiques** de contrôle et de synthèse avec correction permettant à l'élève d'évaluer ses connaissances.

☛Un tableau **d'unités et conversions** des grandeurs physiques aidant l'élève à savoir convertir les unités des grandeurs en question.

*En fin nous espirons que ce livre vous aidera à prendre confiance et facilitera de cette manière votre* réussite en sciences physiques.

**Bonne chance avec... Le complet résolu !**

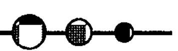
*Les auteurs*

# SOMMAIRE 


| PHYSIQUE | | Page |
|---|---|---|
| **PARTIE I : EVOLUTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES.** | | |
| Chapitre -1- | Le condensateur et le dipôle RC. | 6 |
| Chapitre -2- | La bobine et le dipôle RL. | 21 |
| Chapitre -3- | Les oscillations électriques libres. | 36 |
| Chapitre -4- | Les oscillations électriques forcées en régime sinusoïdal. | 57 |
| **CHIMIE** | | |
| **PARTIE I : LA CINETIQUE CHIMIQUE.** | | |
| Chapitre -1- | La cinétique chimique. | 75 |
| **PARTIE II : LES EQUILIBRES CHIMIQUES** | | |
| Chapitre -1- | Les équilibres chimiques. | 89 |
| **PARTIE III : REACTION ACIDE BASE.** | | |
| Chapitre -1- | Réaction acide base. | 106 |
| **DEVOIRS** | | |
| 1ème TRIMESTRE | | |
| Devoirs de contrôle. | | 114 |
| Devoirs de synthèse. | | 140 |
| 2ème TRIMESTRE | | |
| Devoirs de contrôle. | | 169 |
| **UNITES ET CONVERSIONS** | | |

# PHYSIQUE

PARTIE I

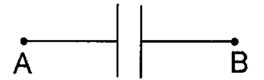
EVOLUTION DES SYSTEMES ELECTRIQUES 

CHAPITRE - 1 - LE CONDENSATEUR ET LE DIPOLE RC

# L'ESSENTIEL DU COURS

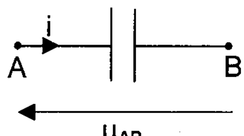
**A/ Le condensateur :**

* Un condensateur est un dipôle électrique constitué par deux plaques conductrices (dites armatures) séparées par un isolant appelé diélectrique.
  Symbole du condensateur :




* Le condensateur est un composant électrique capable de stocker des charges électriques.

* La charge électrique, q, d'un condensateur est la charge de l'une de ses armatures choisie conventionnellement, celle vers laquelle est orienté le sens positif du courant




A chaque instant on a :

- $q = q_A = -q_B$.
  Dans le système international d'unité la charge électrique q est exprimée en coulomb (C).
- i : Représente le sens arbitraire choisi du courant électrique.
- $u_C$ : Tension aux bornes du condensateur.

* Le courant électrique qui circule dans le même sens que le sens positif du courant choisi est d'intensité positive ($i \succ 0$).
  Le courant électrique qui circule dans le sens contraire du sens positif du courant choisi est d'intensité négative ($i \prec 0$).
* Un condensateur peut être chargé soit :
  - Par un générateur de tension idéal de force électromotrice E et de résistance interne r=0 qui délivre au cours du temps une tension constante égale E et symbolisé par :

  E

  A la fin de la charge du condensateur $u_C=E$, $i=0$ et $q=Q_m$.
  A la fin de la décharge du condensateur $u_C=0$, $i=0$ et $q=0$.
  - Par un générateur de courant délivrant un courant électrique d'intensité, I, constante au cours du temps symbolisé par :

* Relation entre la charge du condensateur q et l'intensité du courant électrique :
  - La charge du condensateur s'effectue à courant électrique d'intensité, I, constante au cours du temps alors $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = \dfrac{q(t) - q(t_0)}{t - t_0}$ si à $t_0 = 0; q(t_0 = 0) = 0$ alors :

$$\text{A} \longrightarrow I = \frac{q}{t} \begin{matrix} \longleftarrow \text{C} \\ \longleftarrow \text{s} \end{matrix}$$

- Si la charge du condensateur s'effectue à courant électrique d'intensité i variable au cours du temps $i = \lim \frac{\Delta q}{\Delta t_{(\Delta t \to 0)}} = \frac{dq}{dt}$.

* Relation entre la charge électrique, q, du condensateur et la tension, $u_C$, à ses bornes :
q et $u_C$ sont proportionnelles de constante de proportionnalité C tel que :

$$q = C.u_C.$$

Avec C : Capacité du condensateur exprimée dans le système international d'unité en Farad.

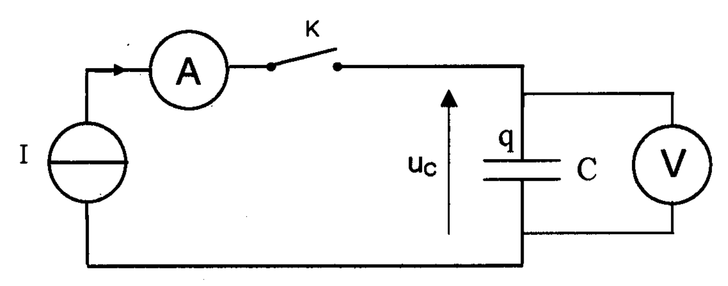
* La capacité C d'un condensateur est une grandeur physique positive qui caractérise l'aptitude d'un condensateur à emmagasiner une charge électrique lorsqu'il est soumis à une tension électrique $u_C$.

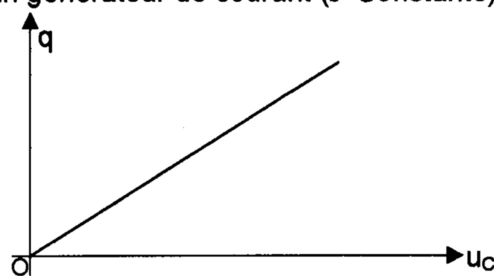
Remarque :
La capacité, C, d'un condensateur plan ( les armatures planes et parallèles ) est exprimée par la relation $C = \frac{\varepsilon.S}{e}$ tel que :

$S$ : Surface en regard des deux armatures ($m^2$).
$e$ : Epaisseur du diélectrique (m).
$\varepsilon$ : Permittivité absolue du condensateur qui ne dépend que de la nature du diélectrique ($F.m^{-1}$).
$\varepsilon = \varepsilon_0.\varepsilon_r$ tel que :

- $\varepsilon_r$ : Permittivité relative du diélectrique ( sans unité).
- $\varepsilon_0$ : Permittivité du vide = $8,85.10^{-12}$( $F.m^{-1}$).

* Représentation graphique de la courbe d'évolution de la charge q du condensateur en fonction de la tension électrique $u_C$ entre ses bornes lorsqu'il est chargé par un générateur de courant (I=Constante)




Sachant que : $q = Cu_C$ alors C est le coefficient de la droite qui représente $q=f(u_C)$.

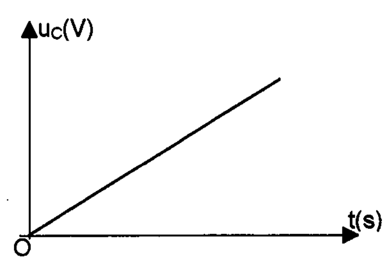
* La tension de claquage d'un condensateur est la plus petite tension (en valeur absolue) faisant jaillir une étincelle entre les armatures du condensateur.

* La tension de service d'un condensateur (tension nominale) c'est la tension indiquée par le constructeur qui est inférieure à la tension de claquage.

* En utilisant le circuit précédent on peut tracer la courbe $u_C = f(t)$.

Théoriquement : $u_C(t) = \frac{q}{C} = \frac{I}{C}.t$ puisque q = I.t

alors $u_C(t)$ est une fonction linéaire de coefficient égal $\frac{I}{C}$.



* L'énergie électrostatique, $\xi_C$, emmagasinée par un condensateur est exprimée par :

$$\xi_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{C.u_C^{\,2}}{2} = \frac{q.u_C}{2}(J)$$

**B/ Le dipôle RC :**

I/ Au cours de la charge du condensateur :

* La réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension est la charge du condensateur qui se fait en deux régimes :
  - Régime transitoire au cours du quel la charge, q, du condensateur augmente progressivement au cours du temps.
  - Régime permanent : au cours du quel la charge du condensateur reste constante au cours du temps.

* Equation différentielle en fonction de $u_C$ :

D'après la loi de maille: $u_R + u_C - E = 0$ d'ou $u_R + u_C = E$

D'après la loi d'ohm : $u_R = R.i = R.\frac{dq}{dt}$ et comme $q = u_C.C$ alors $u_R = R.C\frac{du_C}{dt}$

*L'équation différentielle s'écrit alors sous la forme de :* $R.C\frac{du_C}{dt} + u_C = E$


On pose $\tau = R.C$ : C'est la constante de temps du dipôle RC (s) alors

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}.$$


* Equation différentielle en fonction de q :

$u_R + u_C = E$ avec $u_R = R.i = R.\frac{dq}{dt}$ et $u_C = \frac{q}{C}$ d'où $R.\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$ alors $\frac{dq}{dt} + \frac{q}{\tau} = \frac{E}{R}$.

* Equation différentielle en fonction de i :

$u_R + u_C = E$ avec $u_R = R.i$ alors $R.i + \frac{q}{C} = E$, si on dérive par rapport au temps : $R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = 0$

d'où $\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i = 0$ puisque $i = \frac{dq}{dt}$.

* Equation différentielle en fonction de $u_R$ :

$R \times (\frac{di}{dt} + \frac{1}{\tau}i) = 0$ alors $\frac{d(Ri)}{dt} + \frac{1}{\tau}(Ri) = 0$ alors $\frac{du_R}{dt} + \frac{1}{\tau}u_R = 0$

* L'équation différentielle $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ admet comme solution $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ pour un condensateur initialement déchargé.

* Etude dimensionnellement de $\tau$ :

-1[ère] méthode :

$$\tau\frac{du_C}{dt} + u_C = E \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{E - u_C}{\frac{du_C}{dt}} \quad \text{en dimension} \quad [\tau] = \frac{[E - u_C] \rightarrow (V)}{\left[\frac{du_C}{dt}\right] \rightarrow (V.s^{-1})} = (s)$$

-2[ème] méthode :

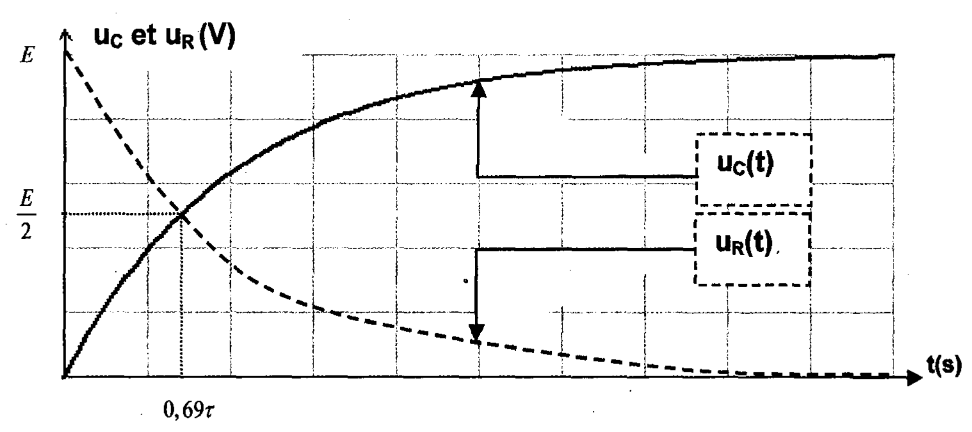
$[\tau] = [R][C]$ avec $[R] = \frac{[u]}{[i]} = \frac{[u]}{[q]}[t]$ et $[C] = \frac{[q]}{[u]}$ d'ou $[\tau] = \frac{[u][t][q]}{[u][q]} = [t]$ alors $[\tau] = s$.

| | $u_C(t)=E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ | $q(t)=E.C(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ | $i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$ | $u_R(t)=Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ |
|---|---|---|---|---|
| A t=0 | 0 | 0 | $I_{max}=\frac{E}{R}$ | E |
| A t=$\tau$ | 0,63.E | 0,63.$Q_{max}$=0,63.EC | 0,37. $I_{max}$ =0,37. $\frac{E}{R}$ | 0,37$U_{Rmax}$=0,37.E |
| A t=5$\tau$ | E | $Q_{max}$ | 0 | 0 |
| Représentation Graphique. | $u_c(t)$, E, 0,63E, 0, $\tau$, 5$\tau$, t | q(t), $Q_{max}$, 0,63$Q_{max}$, 0, $\tau$, 5$\tau$, t | i(t), $I_m$, 0,37$I_m$, 0, $\tau$, 5$\tau$, t | $u_R(t)$, E, 0,37E, 0, $\tau$, 5$\tau$, t |

*Remarque :

Soit $t_1$, date à laquelle $u_c=u_R=\frac{E}{2}$ (le condensateur est chargé à 50 % de sa charge maximale) alors

E.(1-$e^{-\frac{t_1}{\tau}}$)= $\frac{E}{2}$ donc $e^{-\frac{t_1}{\tau}}=\frac{1}{2}$ d'ou $t_1$= $\tau$ . $\ell n2$ = 0,69 $\tau$ .




* La constante de temps $\tau$ est une grandeur caractéristique du dipôle RC qui nous renseigne sur la rapidité avec laquelle s'établie le régime permanant. (Au cours de la charge ou de la décharge).
* Détermination de la constante de temps $\tau$ du dipôle RC par la méthode de la tangente :

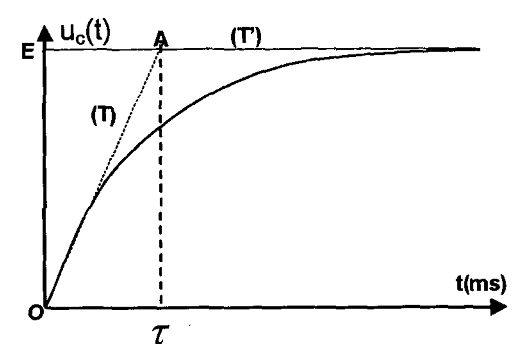
- Soit T : tangente à la courbe $u_c$=f(t) à t=0 d'équation $u_c$=a.t avec a=$\frac{du_C}{dt}(t=0)$.

  $\frac{du_C}{dt}=\frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$ à t=0 $\frac{du_C}{dt}(t=0)=\frac{E}{\tau}$ donc $u_c(t)=\frac{E}{\tau}.t$

  Soit T' : Asymptote à la courbe $u_c$=f(t) d équation $u_c$=E.

Au point d'intersection de T et T' on a $\frac{E}{\tau}$t = E donc t= $\tau$ .

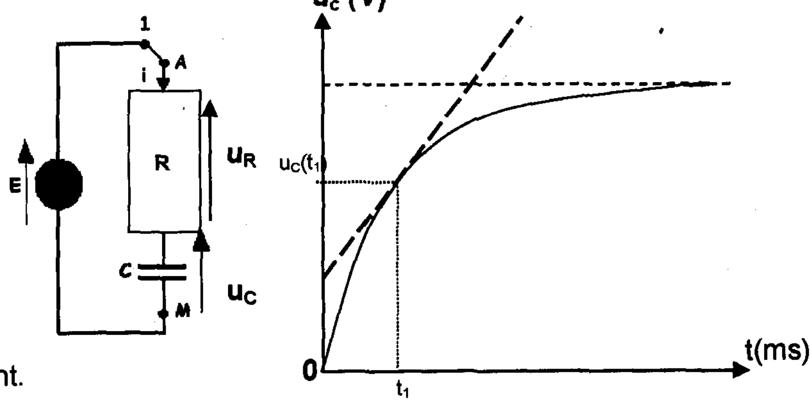
D'où $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe $u_c = f(t)$ à t=0 et son asymptote horizontale $u_c=E$ .




Avec $U_C(t)=E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$

* Remarques :

- Détermination graphique de l'intensité du courant électrique à un instant de date $t_1$ à partir de la courbe $u_c=f(t)$.




1ère méthode :

D'après la loi de maille et à la date $t_1$:
$u_R(t_1) + u_C(t_1) - E = 0$ d'ou
$u_R(t_1) + u_C(t_1) = E$
D'après la loi d'ohm : $u_R(t_1)=R.i(t_1)$
alors $i(t_1)=\dfrac{E-u_C(t_1)}{R}$
Avec $u_C(t_1)$ est déterminée graphiquement.

$i(t_1) = \dfrac{dq}{dt}(t_1)$ et comme $q = u_C.C$ alors $i(t_1)=C\dfrac{du_C}{dt}(t_1) = C.a$ (a étant le coefficient directeur de la tangente à la courbe $u_c=f(t)$ à la date $t_1$.

- Détermination du signe et du sens de la variation de l'intensité du courant électrique graphiquement à partir de la courbe $u_c=f(t)$ au cours de la charge du condensateur :

$i(t)= c.\dfrac{du_C(t)}{dt} = c.a.$

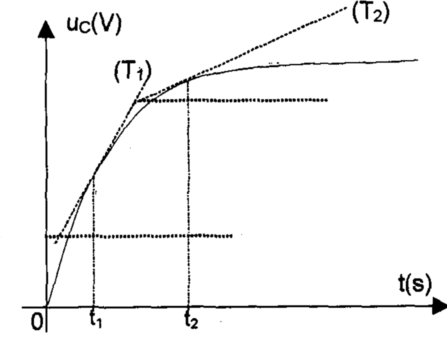
$T_1$ et $T_2$ sont deux tangentes à la courbe $u_C= f(t)$ aux instants de dates $t_1$ et $t_2$.

$T_1$ et $T_2$ sont deux droites croissantes donc $\dfrac{du_C(t)}{dt} = a \succ 0$ et puisque $c \succ 0$ alors $i=c.a \succ 0$.

L'angle d'inclinaison de la tangente à la courbe $u_c=f(t)$ par rapport à l'horizontal diminue au cours du temps.

$i(t_1)= c.\dfrac{du_C}{dt}(t_1) = c.a_1$ et $i(t_2)= c.\dfrac{du_C}{dt}(t_2)= c.a_2$.

or $a_1 \succ a_2$ donc $i(t_1) \succ i(t_2)$ alors au cours de la charge du condensateur, l'intensité du courant électrique i est positive et diminue progressivement au cours du temps.



### II/ Au cours de la décharge du condensateur :

La décharge du condensateur à travers un résistor est progressive au cours du temps qui se fait aussi en deux régime transitoire ($u_c$ diminue jusqu'à la valeur nulle )et permanant (à laquelle $u_c$=0).

* Equation différentielle :

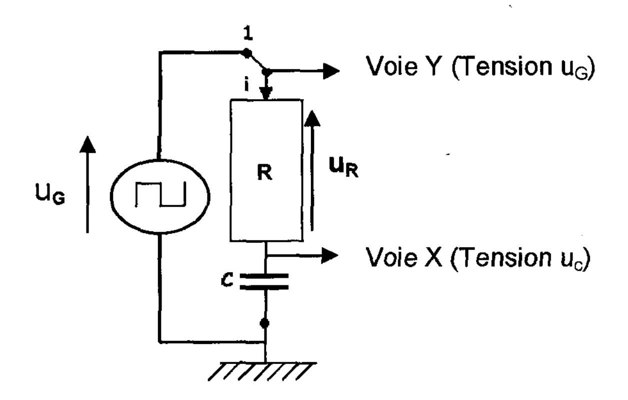
| En fonction de | $u_C$ | q | i | $u_R$ |
|---|---|---|---|---|
| Equation différentielle | $\frac{du_C}{dt}+\frac{u_C}{\tau}=0$ | $\frac{dq}{dt}+\frac{q}{\tau}=0$ | $\frac{di}{dt}+\frac{1}{\tau}i=0$ | $\frac{du_R}{dt}+\frac{1}{\tau}u_R=0$ |

Résolution de l'équation différentielle vérifiée par $u_c$ : ($\frac{du_C}{dt}+\frac{u_c}{\tau}$ = 0).

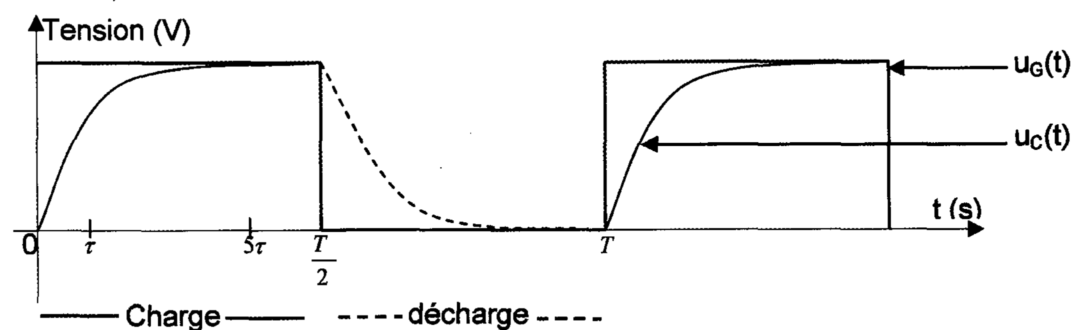
Cette équation différentielle admet comme solution $u_c(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$ par un condensateur initialement (t=0) chargé.

| | $u_C(t)=Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ | $q(t)=E.Ce^{-\frac{t}{\tau}}$ | $i(t)=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$ | $u_R(t)=-Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ |
|---|---|---|---|---|
| A t=0 | E | $Q_{max}$=EC | $-I_{max}=-\frac{E}{R}$ | -E |
| A t=$\tau$ | $u_C(\tau)=$ 0,37 . E | 0,37.$Q_{max}$= 0,37.EC | -0,37.$I_{max}$ = -0,37.$\frac{E}{R}$ | -0,37$U_{Rmax}$=-0,37.E |
| A t=5$\tau$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Représentation Graphique. | uc(t), E, 0,37E, 0, $\tau$, t(s) | q(t), CE, 0,37CE, 0, $\tau$, t(s) | i(t), 0, $\tau$, t(s), -0,37Im, -Im | uR(t), 0, $\tau$, t(s), -0,37E, -E |

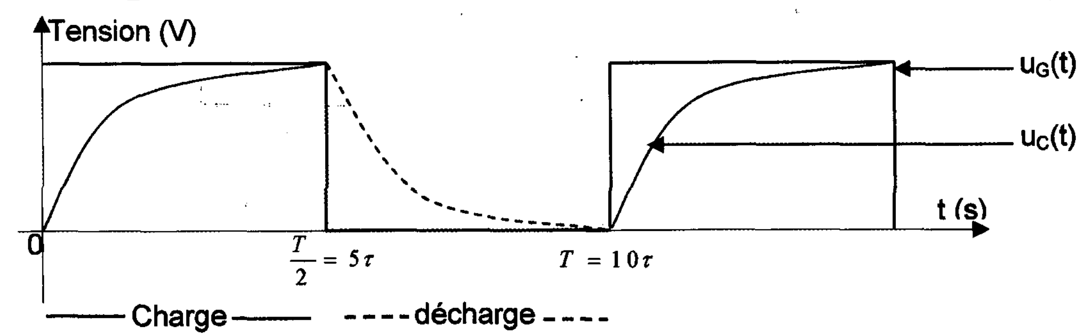
### III/ Réponse d'un dipôle RC à une tension créneau :



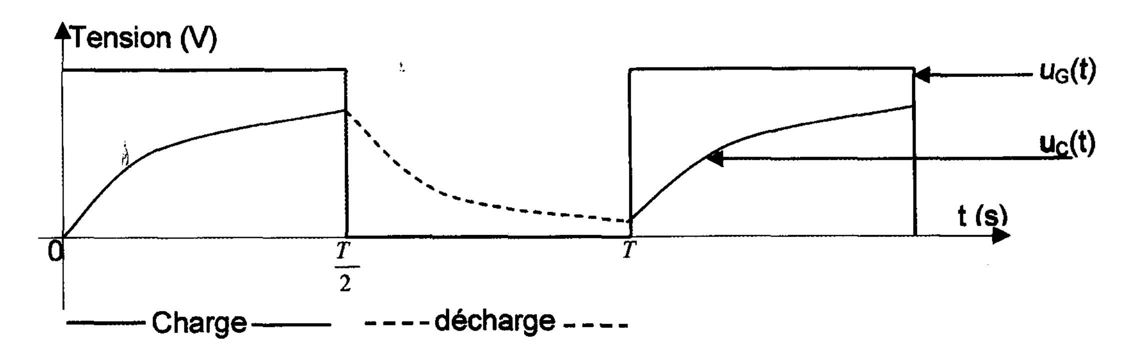
1[èr] Cas : $5\tau \prec \frac{T}{2}$, avec T est la période de la tension fournie par le GBF.




2[ème] Cas : $5\tau = \frac{T}{2}$, avec T est la période de la tension fournie par le GBF.




3[ème] Cas : $5\tau \succ \frac{T}{2}$, avec T est la période de la tension fournie par le GBF.

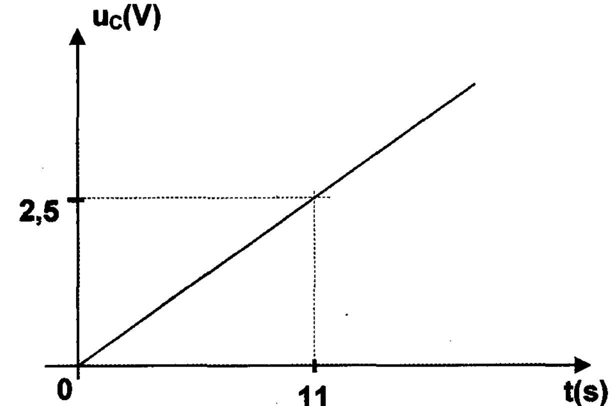


EXERCICES

## Exercice N°1 :

On veut déterminer la capacité C d'un condensateur, pour cela on réalise sa charge avec un générateur de courant. Ce générateur débite un courant d'intensité **I = 0,5 mA**.
On réalise la saisie automatique de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps moyennant une interface reliée à un ordinateur.

**1°/** On obtient la courbe $u_C = f(t)$ suivante :




**a-** Représenter le schéma du montage électrique permettant de tracer cette courbe et les grandeurs $u_C$, q (charge du condensateur).
**b-** Le condensateur est-il initialement chargé?

**2°/**
**a-** A l'aide de la courbe, déterminer la valeur de la capacité C du condensateur.
**b-** Déterminer la valeur de la charge q et celle de l'énergie électrostatique emmagasinée par le condensateur à la date **t=25 s**.
**c-** La tension de claquage du condensateur étant de **10V**, au bout de combien de temps le condensateur claque-t-il ?

**3°/** Est-il possible de remplacer, à l'échelle du laboratoire, le condensateur utilisé précédemment par un autre condensateur de même capacité C supposé plan dont les armatures sont séparées par un diélectrique de permittivité absolue **$\varepsilon = 10^{-7}$ F.m$^{-1}$** et d'épaisseur **e=1 mm**.

## Exercice N°2 :

On se propose d'étudier la charge et la décharge d'un condensateur dans un résistor, pour cela on réalise le circuit de la figure-1- formé d'un générateur de tension de fem **E=10 V**, d'un condensateur de capacité **C= 5µF** d'un commutateur K et de trois résistors de résistances $R_1$, $R_2$ et $R_3$.

**I- Charge du condensateur :**

Le condensateur étant initialement déchargé, on place le commutateur en position (1) est à l'aide d'un oscilloscope à mémoire on visualise la tension $u_{BD}(t)$ aux bornes du résistor de résistance $R_1$, on obtient la courbe de la figure-2-

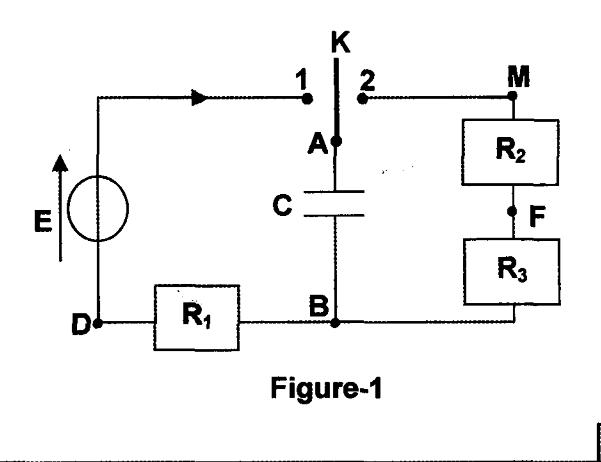


Figure-1

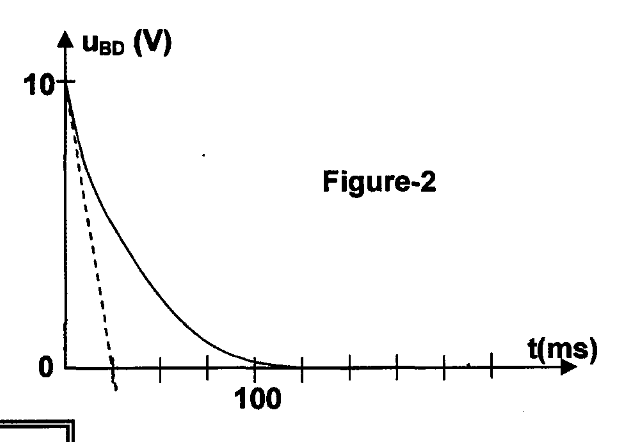


Figure-2

**1°/**

**a-** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par $u_{BD}$ s'écrit : $\frac{du_{BD}(t)}{dt}$ + a $u_{BD}(t)$ = 0, avec a est une constance que l'on exprimera en fonction des caractéristiques de certains dipôles du circuit.

**b-** Vérifier que $u_{BD}(t)$ =E. $e^{-at}$ est une solution de l'équation différentielle précédente.

**2°/**

**a-** Définir la constante de temps $\tau$ du dipôle RC.

**b-** Montrer que la tangente à la courbe $u_{BD}$=f(t) à t=0 coupe l'asymptote horizontale au point d'abscisse t= $\tau_1$.

**c-** Déduire la valeur de la constante de temps $\tau_1$ du dipôle $R_1C$.

**d-** Déterminer la valeur de $R_1$.

**3°/** Exprimer l'énergie électrostatique Ec emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps. Calculer sa valeur à l'instant **t = 150 ms**.

**4°/** En supposant que le condensateur est complètement chargé quand la tension $u_{AB}$ = E à **1%** près. Calculer le temps mis par le condensateur pour se charger.

**II- Décharge du condensateur :**

Le condensateur est complètement chargé. A un instant pris comme origine de temps, on place le commutateur K en position (2) et à l'aide d'un oscilloscope à mémoire on visualise la tension $u_{AB}$ aux bornes du condensateur. On obtient la courbe de la figure-3-.

**1°/**

**a-** Décrire le phénomène réalisé.

**b-** Déterminer graphiquement le sens de variation de l'intensité de courant i(t) au cours du temps.

**2°/** Donner l'expression de la constante de temps $\tau_2$ lors de la décharge du condensateur.

**3°/** On donne l'expression de la tension aux bornes du condensateur : $u_{AB}(t)$ = E. $e^{-\frac{t}{\tau_2}}$.

**a-** Déterminer l'expression de la tension $u_{BF}(t)$ aux bornes de résistor de résistance $R_3$ en fonction de temps.

**b-** Déduire la valeur de la tension $u_{BF}$ à l'origine de temps, sachant que **$R_2 = R_3$**.

**4°/** Déterminer la valeur algébrique de l'intensité du courant i à l'instant **$t_1$**. **On donne : $R_3$= 5 K Ω.**

**5°/** Représenter l'allure de la courbe d'évolution de la tension $u_{BF}(t)$ aux bornes du résistor de résistance $R_3$ en fonction de temps.

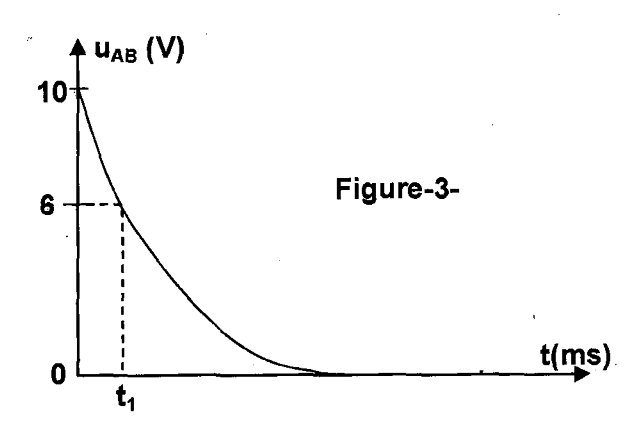



**Figure-3-**

## Exercice N°3 :

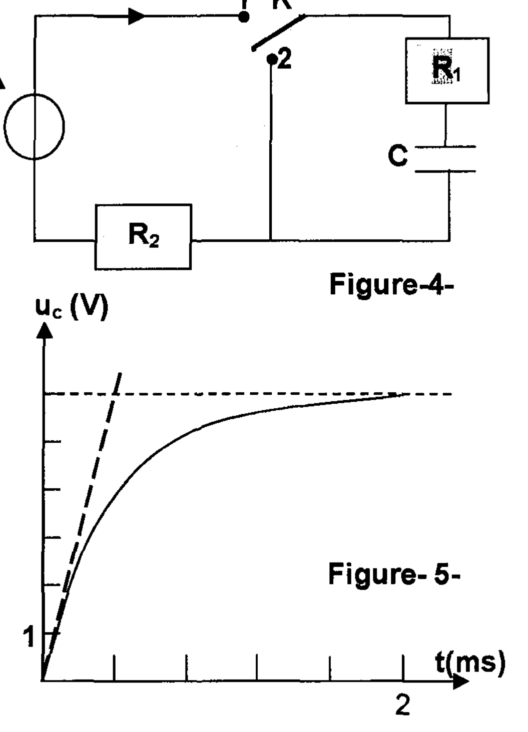


Figure-4-

Figure- 5-

On considère le circuit électrique de la figure-4- formé par :
** Un générateur de tension de fem **E=6V**.
** Un condensateur de capacité C.
** Un commutateur K.
** Deux résistors de résistances $R_1$ et $R_2$ tel que $R_1 = \frac{R_2}{3}$.

Le condensateur étant initialement déchargé.
A **t=0s**, on bascule le commutateur K en position 1.
Un dispositif d'acquisition de données relié à un ordinateur donne la figure-5- qui représente l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur au cours du temps.

**1°/** Etablir l'équation différentielle $\tau.\frac{du_c}{dt} + u_c = E$ vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur et exprimer $\tau$ en fonction de $R_1$ et C.

**2°/** Une solution de cette équation différentielle est de la forme $u_c(t) = A(1 - e^{-\alpha.t})$, avec A et $\alpha$ sont des constantes non nulles.
Exprimer, en justifiant la réponse, les constantes A et $\alpha$ en fonction de E, $R_1$ et C.

**3°/**

**a-** Déterminer à partir de l'équation différentielle l'unité de la constante du temps $\tau$ du dipôle RC dans le système international d'unité.

**b-** Déterminer la valeur de la constante du temps, $\tau$ ,du dipôle RC.

**c-** Reproduire et compléter le tableau suivant en faisant le calcul nécessaire :

| t | 0 | $\tau$ | 5$\tau$ |
|---|---|---|---|
| Tension aux bornes du condensateur : $u_c$ (V) | | | |
| Tension aux bornes du résistor $R_1$: $u_{R1}$ (V) | | | |

**4°/** Le condensateur précèdent est complètement chargé.
A une nouvelle origine des temps **t=0s**, on bascule le commutateur K en position 2.
Le dispositif d'acquisition donne la figure-6- qui représente l'évolution, en fonction du temps de l'intensité du courant électrique circulant dans le circuit.

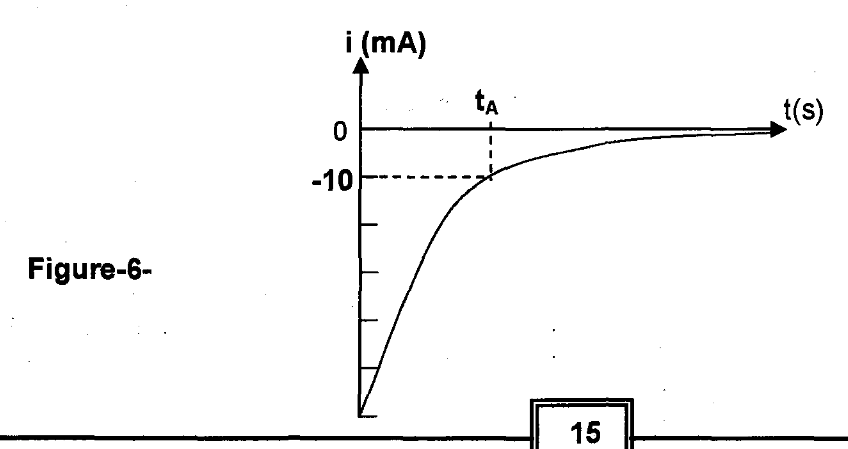


Figure-6-

**a-** Reproduire le circuit de décharge du condensateur et indiquer le sens du courant électrique, ainsi que le sens de circulation des électrons dans le circuit.

**b-** L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur est : $\tau'.\frac{du_c}{dt}+u_c=0$

avec $\tau' = R_1C$ : constante du temps du dipôle RC.

La solution de cette équation différentielle est $u_c(t) = E\ e^{-\frac{t}{\tau'}}$.

$\alpha$ - Montrer que $i(t) = -\frac{E}{R_1}.\ e^{-\frac{t}{\tau'}}$.

$\beta$ - Déterminer à partir de la figure-6- l'intensité du courant $I_0$ à l'origine du temps.

$\theta$ - Déduire $R_1$ et C.

**c-** Calculer l'énergie, W, dissipée dans le résistor de résistance $R_1$ entre les dates t=0s et t'= $\tau'$.

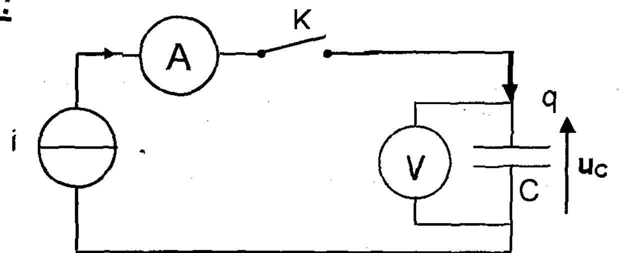
**d-** Déterminer la charge électrique, q, du condensateur à l'instant de date $t_A$ indiqué sur la figure-6-.

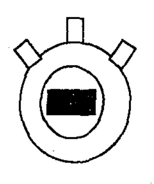
## CORRECTION

### Exercice N°1 :

**1°/**

**a-**



Chronomètre

**b-** Le condensateur est initialement déchargé car à t=0 d'après la courbe $u_C$=0 alors q=C $u_C$=0.

**2°/**

**a-** * La courbe représentative de l'évolution de la tension électrique $u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est une droite qui passe par l'origine d'équation $u_C$=a.t **(1).**

a est le cœfficient de la droite : $a = \frac{2,5}{11} = 0,227$ par suite $u_C$= 0,227.t.

* $u_C = \frac{q}{C}$ or $q = I \times t$ alors $u_C = \frac{I}{C} \times t$ **(2).**

Par identification entre (1) et (2) on déduit que $\frac{I}{C}$ =0,227 d'où $C = \frac{I}{0,227}$ AN:$C = \frac{0,5.10^{-3}}{0,227}$ =2,2.$10^{-3}$F.

**b-** * $q = I \times t$ .AN: q= 0,5.$10^{-3}$ ×25= 1,25.$10^{-2}$ C.

* $E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ .AN: $E_C = \frac{1}{2}\frac{(1,25.10^{-2})^2}{2,2.10^{-3}}$ =3,55.$10^{-2}$J.

**c-** $u_C = u_{Claquage} = \frac{I}{C} \times t$ alors $t = \frac{u_{Claquage} \times C}{I}$ .AN: $t = \frac{10 \times 2,2.10^{-3}}{0,5.10^{-3}}$ =44s.

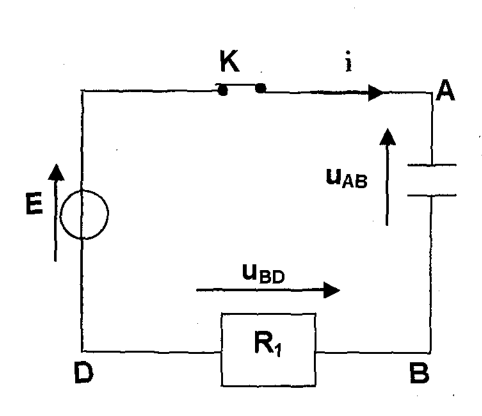
**3°/** $C = \frac{\varepsilon.S}{e}$ alors $S = \frac{C \times e}{\varepsilon}$ AN : $S = \frac{2,2.10^{-3} \times 10^{-3}}{10^{-7}}$ = 22 m$^2$.

$S$ est très grande alors le condensateur précédent ne peut pas être plan à l'échelle du laboratoire.

### Exercice N°2 :

**I-**

**1°/**




**a-** La loi des mailles : $u_{BD}(t) + u_{AB}(t) - E = 0$ alors

$u_{BD} + \frac{q}{C} = E$ alors $\frac{du_{BD}}{dt} + \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = 0$ alors

$\frac{du_{BD}}{dt} + \frac{1}{C}i = 0$ or $i = \frac{u_{BD}}{R_1}$ d'où $\frac{du_{BD}}{dt} + \frac{1}{R_1C}u_{BD} = 0$,

avec $a = \frac{1}{R_1C} = \frac{1}{\tau_1}$ .

**b-** $u_{BD}(t) = E.e^{-at}$ alors $\frac{du_{BD}}{dt} = -a E.e^{-at}$. $\frac{du_{BD}}{dt} + a\,u_{BD} = -a E.e^{-at} + a\,E.e^{-at} = 0$ d'où $u_{BD}(t) = E.e^{-at}$ est une solution de l'équation différentielle précédente.

**2°/**

**a-** La constante de temps τ est une grandeur caractéristique du dipôle RC,elle renseigne sur la rapidité avec laquelle se fait la charge et la décharge du condensateur.

**b-** * L'équation de l'asymptote : $u_{BD}=0$.

* L'équation de la tg à la courbe $u_{BD}= f(t)$ à t=0s : $u_{BD} = \alpha\, t + \beta$ avec $\beta = E$ et

$\alpha = \left(\frac{du_{BD}}{dt}\right)_{t=0} = -a E.e^{-ax0} = -a E = -\frac{E}{\tau_1}$ d'où $u_{BD} = -\frac{E}{\tau_1} t + E$.

Au point d'intersection : $-\frac{E}{\tau_1} t + E = 0$ alors $\frac{E}{\tau_1} t = E$ alors $t = \tau_1$.

**c-** Graphiquement $\tau_1$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine des temps à la courbe $u_{BD}= f(t)$ et l'asymptote horizontale $u_{BD}= 0$. On trouve $\tau_1 = 25$ ms $= 25.10^{-3}$ s.

**d-** $\tau_1 = R_1C$ alors $R_1 = \frac{\tau_1}{C}$.AN : $R_1 = \frac{25.10^{-3}}{5.10^{-6}} = 5000\Omega = 5\ k\Omega$.

**3°/** *$E_C = \frac{1}{2} C\, u_{AB}^2$ or $u_{BD} + u_{AB} = E$ alors $u_{AB} = E - u_{BD} = E - E\,e^{-\frac{t}{\tau_1}} = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$ d'où $E_C = \frac{1}{2} CE^2(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})^2$

* A t= 150 ms on a : $u_{BD}=0$ alors $u_{AB} = E = 10$ V d'où $E_C = \frac{1}{2} C\, u_{AB}^2$. AN: $E_C = \frac{1}{2} 5.10^{-6} x 10^2 = 25.10^{-5}$J.

**4°/** $u_{AB} = 0{,}99E$ alors $u_{BD} = 0{,}01E = E\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}$ alors $e^{-\frac{t}{\tau_1}} = 0{,}01$ alors $Ln\, e^{-\frac{t}{\tau_1}} = Ln 0{,}01$ alors $t = 4{,}6\ \tau_1$.

AN : $t = 4{,}6 \times 25.10^{-3} = 0{,}115$s.

**II-**

**1°/**

**a-** Le phénomène réalisé est la décharge du condensateur au cours de la quelle l'excés d'électrons de l'armature chargée négativement migrent vers l'armature chargée positivement jusqu'a sa neutralisation.

**b-** $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt}$, avec $\frac{du_{AB}}{dt}$ est le coefficient directeur de la tg à la courbe $u_{AB}=f(t)$ alors $\frac{du_{AB}}{dt} < 0$ d'où $i < 0$ mais $\frac{du_{AB}}{dt}$ augmente au cours du temps alors i augmente au cours du temps.

**2°/** $\tau_2 = (R_2 + R_3)C$.

**3°/ a-** $u_{BF} = u_{R_3} = R_3\, i$ or $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_{AB}}{dt} = C\frac{d}{dt} E.\,e^{-\frac{t}{\tau_2}} = -\frac{CE}{\tau_2} e^{-\frac{t}{\tau_2}} = -\frac{E}{(R_2+R_3)} e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ d'où

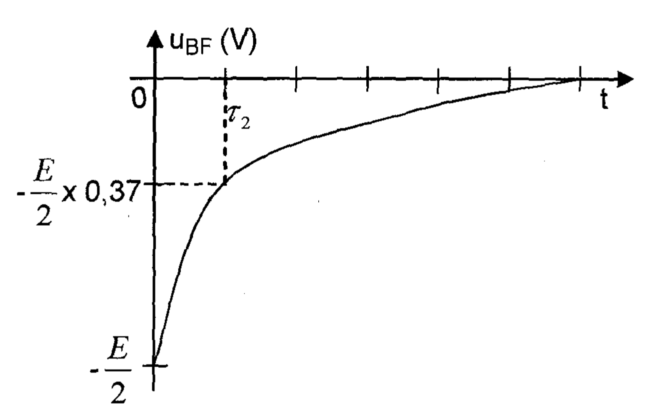
$u_{BF} = -R_3\frac{E}{(R_2+R_3)} e^{-\frac{t}{\tau_2}}$.

**b-** $u_{BF(t=0)} = -R_3\frac{E}{(R_2+R_3)} e^{-\frac{0}{\tau_2}} = -R_3\frac{E}{(R_2+R_3)} = -\frac{E}{2} = -\frac{10}{2} = -5V$.

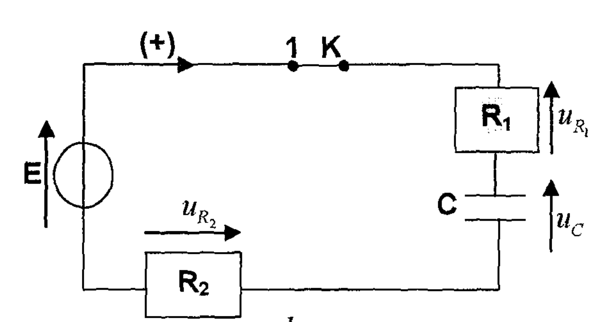
**4°/** $u_{FM} + u_{BF} + u_{AB} = 0$ or $u_{FM} = u_{BF}$ alors $2\,u_{BF} = 2R_3\,i = -u_{AB}$ d'où $i = -\dfrac{u_{AB}}{2R_3}$ .AN: $i = -\dfrac{6}{2\times 5.10^3} = -6.10^{-4}$A.

**5°/** $u_{BF} = -R_3\dfrac{E}{(R_2+R_3)}\,e^{-\frac{t}{\tau_2}} = -\dfrac{E}{2}\,e^{-\frac{t}{\tau_2}}$.

| t | 0 | $\tau_2$ | $+\infty$ |
|---|---|---|---|
| $u_{BF}$ (V) | $-\dfrac{E}{2} = -5$ | $-\dfrac{E}{2}e^{-1} = -\dfrac{E}{2}\times 0{,}37$ =-1,85 | 0 |




## *Exercice N°3 :*




**1°/** D'après la loi des mailles : $u_C(t) + u_{R_1}(t) + u_{R_2}(t) = E$

alors $u_C + (R_1 + R_2)\,i = E$ or $R_2 = 3.\,R_1$.

$i = \dfrac{dq}{dt} = C\dfrac{du_C}{dt}$ et $R_2 = 3R_1$ alors $4\,R_1C\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$.

On pose $\tau = 4\,R_1C$. L'équation différentielle s'écrit alors sous la forme de : $\tau\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$. **( I )**

**2°/** $u_C(t) = A.(1 - e^{-\alpha.t})$ **(1)** et $\dfrac{du_c(t)}{dt} = A\alpha\,.\,e^{-\alpha t}$ **(2)**.

**(1)** et **(2)** dans **( I )** alors $4R_1C\alpha\ A.\,e^{-\alpha.t} + A - A\,e^{-\alpha.t} = E$ alors $A\,e^{-\alpha.t}(4R_1C\,\alpha - 1) + A = E$ par identification alors on a : A=E et $4R_1C\,\alpha - 1 = 0$ alors $\alpha = \dfrac{1}{4R_1C} = \dfrac{1}{\tau}$ donc $u_C(t) = E.(1 - e^{-\frac{t}{4R_1C}})$.

**3°/a-** $\tau\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E \quad \Rightarrow \quad \tau = \dfrac{E - u_C}{\dfrac{du_C}{dt}}$ en dimension $[\tau] = \dfrac{[E - u_C] \rightarrow (V)}{\left[\dfrac{du_C}{dt}\right] \rightarrow (V.s^{-1})} = (s)$.

**b-** Graphiquement $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine des temps à la courbe $u_C$=f(t) de la figure-5- et l'asymptote horizontale $u_C$=E. On trouve $\tau$ = 0,4 ms =$0,4.10^{-3}$ s.

**c-** ** **A t=0s** on a: $u_C$ =0 alors $u_{R_1} + u_{R_2}$ = E or $R_2 = 3.R_1$ alors $u_{R_2} = 3.u_{R_1}$ par suite $4.u_{R_1}$ = E alors

$$u_{R_1} = \frac{E}{4}$$ .AN : $u_{R_1}$ = 1,5 V.

** **A t=** $\tau$ on a: $u_C$ =0,63 E = 3,78 V alors $u_{R_1} + u_{R_2}$ = 0,63 E alors $4.u_{R_1}$ = 0,37 E alors

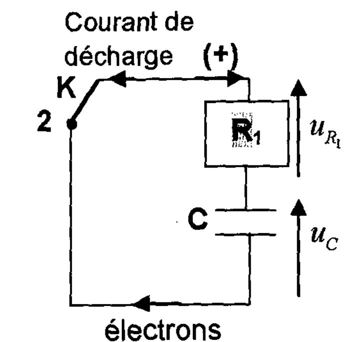
$$u_{R_1} = \frac{0,37E}{4}$$ .AN : $u_{R_1}$ = 0,555 V.

** **A t= 5**$\tau$ on a: $u_C$ =E = 6 V alors $u_{R_1} + u_{R_2}$ = 0 alors $4.u_{R_1}$ = 0 alors $u_{R_1}$ = 0 V.

| t | 0 | $\tau$ | $5\tau$ |
|---|---|---|---|
| **Tension aux bornes du condensateur : $u_c$ (V)** | **0** | **3,78** | **6** |
| **Tension aux bornes du résistor $R_1$: $u_{R1}$ (V)** | **1,5** | **0,555** | **0** |

**4°/**

**a-** Circuit ci-contre :




**b-**

$\alpha$ - $u_C$ (t) + $u_{R_1}$ (t) = 0 alors $u_{R_1}$ = - $u_C$ = $R_1$ . i alors i = $-\frac{u_C}{R_1}$ or

$u_c(t) = E\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$ alors $i = -\frac{E}{R_1}\, e^{-\frac{t}{\tau'}}$.

$\beta$ - D'après la figure-6- on a : $I_0 = -60.10^{-3}$ A.

$\theta$ - ** On a : $I_0 = -\frac{E}{R_1}$ alors $R_1 = -\frac{E}{I_0}$. AN : $R_1 = 100\Omega$.

** On a: $\tau' = R_1C = \frac{\tau}{4} = 0,1.10^{-3}$ s alors $C = \frac{\tau'}{R_1}$. AN: C= $10^{-6}$ F.

**c-** W= $|E'_C(t=\tau') - E_C(t=0)| = \frac{1}{2}C\,|u_C^2(t=\tau') - u_C^2(t=0)| = \frac{1}{2}C\,|(0,37\,E)^2 - (E)^2|$. AN:W= $1,55.10^{-5}$ J.

**d-** A $t_A$ on a: i = $-10.10^{-3}$ A or q = $C.u_C$ et d'après la loi des mailles $u_C = -u_{R_1}$ par suite

q = $-C.u_{R_1}$ = $-C.R_1.i$ .AN: q = $-10^{-6}$ C.




## L'ESSENTIEL DU COURS

### A/ La Bobine :

#### I / Phénomène d'induction électromagnétique :

* L'apparition d'un courant induit dans une bobine dans un circuit fermé est dûe à la variation d'un champ magnétique à son intérieur, c'est le phénomène d'induction électromagnétique.
  - L'inducteur est le créateur du champ magnétique.
  - L'induit est la bobine (dans le quel circule le courant induit).
* Loi de Lenz : Le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose par ses effets à la cause qui lui a donné naissance.

* Remarque :

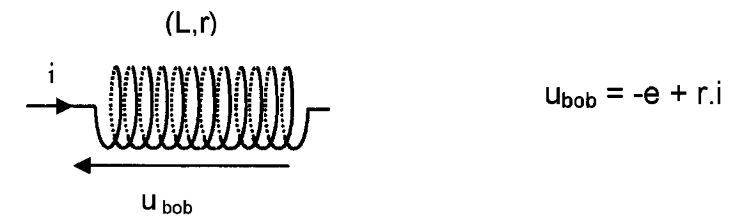
- Le sens du courant induit dépend de la variation du champ magnétique à l'intérieur de la bobine.
- L'intensité du courant induit dépend de la durée de la variation du champ magnétique.

#### II/ Phénomène d'auto induction électromagnétique :

* Traversée par un courant électrique d'intensité variable, la bobine jouant le rôle de l'induit et de l'inducteur crée à son intérieur un champ magnétique variable faisant apparaitre un courant électrique induit, on dit que la bobine est le siège d'un phénomène d'auto induction électromagnétique.

* La bobine ne se comporte pas comme un conducteur ohmique car elle s'oppose, par la création d'un courant d'auto-induction, à toute variation de l'intensité du courant électrique inducteur qui y circule.

* Toute bobine se caractérise par une résistance interne, r, et une inductance, L, exprimées dans le système international respectivement en (Ω) et en Henry (H).



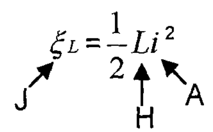

$u_{bob} = -e + r.i$

Avec e : fem d'auto induction de la bobine exprimée par : $e = - L.\dfrac{di}{dt}$.

i : Intensité du courant inducteur qui traverse la bobine.

d'où $u_{bob} = L.\dfrac{d}{dt}i + r.i$ .

* Si la bobine est traversée par un courant d'intensité constante I alors $\frac{di}{dt} = 0$ d'où $u_{bob}= r.I$ d'où la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r .
* Si la bobine est purement inductive (r=0) donc $u_{bob}= L.\frac{di}{dt}$.
* L'énergie emmagasinée dans la bobine est appelée énergie magnétique notée $\xi_L$ et exprimée par

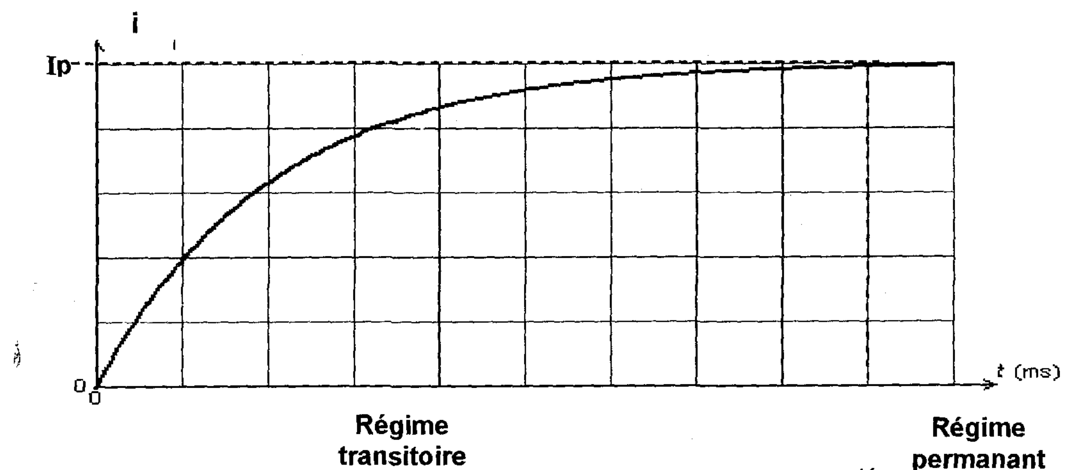



$$\xi_L = \frac{1}{2}Li^2$$

**B/ Dipole RL :**

**I/ Etablissement du courant électrique dans le dipole RL :**

* La réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension est l'établissement d'un courant électrique qui se fait en deux régimes :
  - régime transitoire : Au cours du quel l'intensité, i, du courant électrique augmente progressivement au cours du temps; ce régime (ce retard) est dû au phénomène d'auto induction produit par la bobine en créant un courant d'auto-induction qui s'oppose à cette augmentation.
  - régime permanant : Au cours du quel l'intensité, i, du courant électrique reste constant et égale à $I_p$ (intensité du courant électrique en régime permanant).



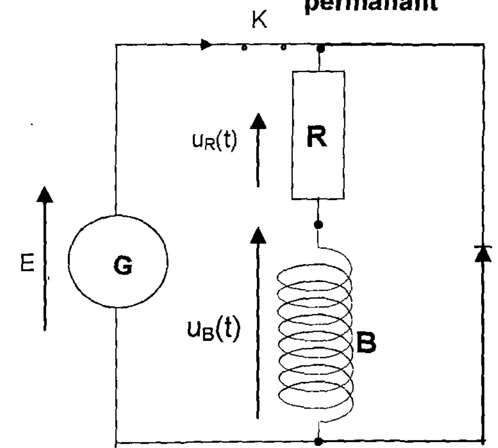

* Equation différentielle en fonction de i :

  Loi des mailles : $u_B + u_R - E = 0$

  $L\frac{di}{dt} + (R+r)i = E$ alors $\frac{L}{(R+r)}\frac{di}{dt} + i = \frac{E}{(R+r)}$

On pose : $\tau = \frac{L}{(R+r)}$ : Constante de temps du dipôle RL(s).

D'où $\tau \frac{d}{dt}i + i = \frac{E}{(R+r)}$



* Equation différentielle en fonction de $u_R$ :

$$\left(L\frac{d}{dt}i+(R+r)i=E\right)\times R$$

$LR\frac{d}{dt}i+(R+r)i.R=E.R$ d'autre part $u_R$=R.i d'où $L\frac{du_R}{dt}+(R+r)u_R=E.R$

* Equation différentielle en fonction de $u_b$ :

$u_b + u_R = E$ par suite $u_b + Ri = E$ d'ou $i = \frac{E-u_b}{R}$ et puisque $L\frac{di}{dt}+(R+r)i=E$ donc

$L\frac{d(\frac{E-ub}{R})}{dt}+(R+r)(\frac{E-ub}{R})=E$ par suite $-\frac{L}{R}\frac{du_b}{dt}+\frac{(R+r)}{R}E-\frac{(R+r)}{R}u_b=E$

ce qui donne l'expression $\frac{L}{R}\frac{du_b}{dt}+\frac{(R+r)}{R}u_b=\left(\frac{(R+r)}{R}-1\right)E$ ou $\frac{L}{R}\frac{du_b}{dt}+\frac{(R+r)}{R}u_b=\left(\frac{r}{R}\right)E$

* L'équation différentielle $\tau\frac{di}{dt}+i=\frac{E}{(r+R)}$ admet comme solution : $i(t)=\frac{E}{R+r}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)=I_p\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

avec $I_p=\frac{E}{R+r}$.

* Etude dimensionnelle de $\tau$ :

$[\tau]=\frac{[L]}{[R]}$ et puisque $[L]=\frac{[-e]}{\left[\frac{di}{dt}\right]}$= $VA^{-1}s$ et $[R]=\frac{[u_R]}{[i]}=VA^{-1}$.

D'où $[\tau]=\frac{VA^{-1}s}{VA^{-1}}=s$ donc $\tau$ est bien homogène à une durée.

*

| | $i(t)=\frac{E}{R+r}(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ | $u_R(t)=Ri=\frac{RE}{R+r}.(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ | $u_b=E-u_R$ |
|---|---|---|---|
| A t=0 | 0 | 0 | E |
| A t=$\tau$<br>A t=5$\tau$ | 0,63$I_p$.<br>$I_p$ | 0,63.$U_{RP}$<br>$U_{RP}=R\,I_p$ | E-0,63 $U_{RP}$<br>$U_{bp}=E-U_{RP}=rI_p$ |

Avec : $I_p=\frac{E}{R+r}$ et $u_b=L\frac{di}{dt}+ri$ en régime permanant $i$ = Cte = $I_p$ alors $\frac{di}{dt}=0$
D'où $U_{bp}=rI_p$.

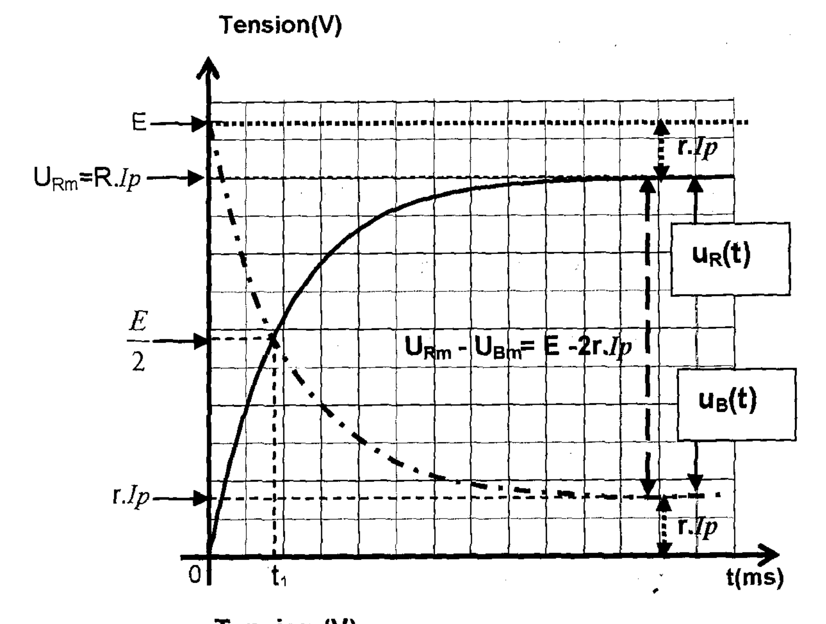
* A la date $t_1$ :

$$\frac{RE}{R+r}\left(1-e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right)=\frac{E}{2}$$

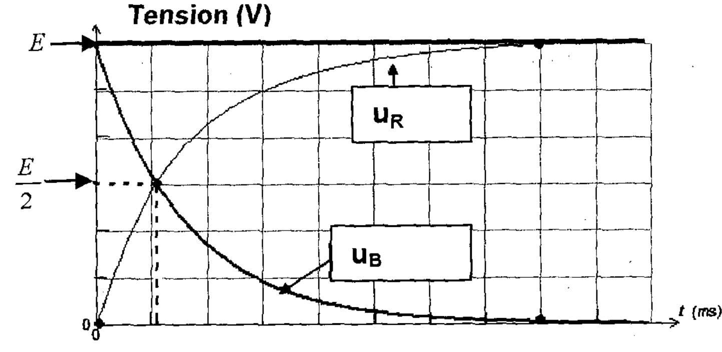
alors $\left(1-e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right)=\frac{R+r}{2R}$

d'où $e^{-\frac{t_1}{\tau}}=1-\frac{R+r}{2R}=\frac{R-r}{2R}$

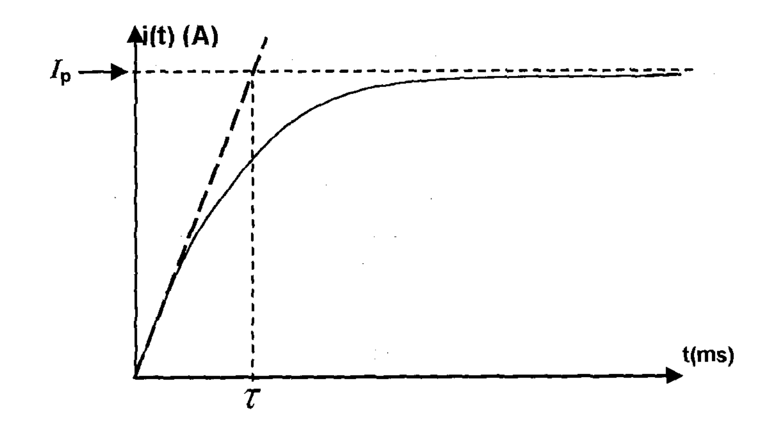
par suite $t_1=\tau.Ln\left(\frac{2R}{R-r}\right)$




* Remarques :
  - Si la bobine est purement inductive (r=0) alors $u_{Rp}$=E et $u_{Bp}$=0 . Avec $\tau=\frac{L}{R}$ et $I_p=\frac{E}{R}$.




  - La constante de temps $\tau$ du dipôle RL est une grandeur physique temporelle qui renseigne sur le retard avec lequel s'établit le régime permanant.

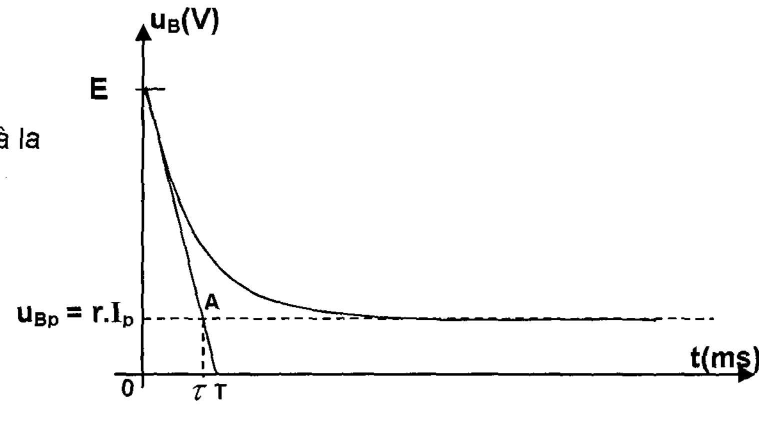



* Détermination de la constante de temps $\tau$ du dipôle RL par la méthode de la tangente :
  $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe i=f(t) à t=0 et l'asymptote i= $I_p$

* Remarques :

- La constante de temps $\tau$ du dipôle RL est l'abscisse du point d'intersection A de la tangente à la courbe $u_B$ =g(t) à t=0 et son asymptote $u_B = u_{BP} = rI_p$ .

  En effet : $u_B = E - u_R(t) = E - \frac{RE}{R+r}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$.




* Equation de la tangente (T) :
u = at + b= at + E
Avec a : coefficient de la tangente (T) à la courbe $u_b = f(t)$ (à t=0) = $\frac{du_B}{dt}_{(t=0)}$

$$\frac{du_B}{dt}_{(t=0)} = \frac{ER}{R+r}\left(-\frac{1}{\tau}\right)e^{\frac{-t}{\tau}}_{(t=0)}$$

$$\frac{du_B}{dt}_{(t=0)} = -\frac{ER}{R+r}\cdot\frac{R+r}{L} = -\frac{ER}{L}$$

$$u = -\frac{ER}{L}t + E.$$

Au point d'intersection $u_A = -\frac{ER}{L}t_A + E = rI_p$.

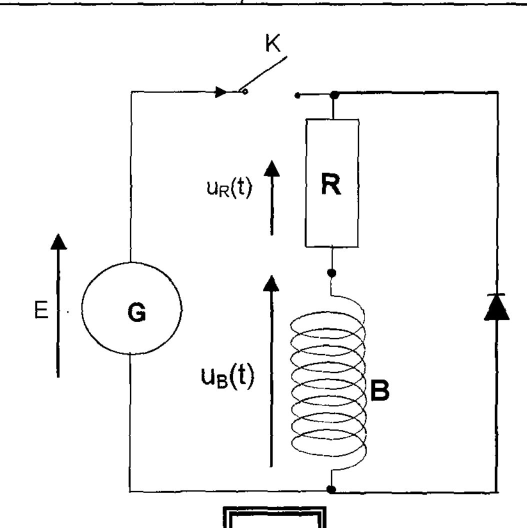
$$t_A = \left(-\frac{rE}{R+r} + E\right)\cdot\frac{L}{ER} = \frac{R}{(R+r)}\cdot\frac{L}{R} = \frac{L}{R+r} = \tau$$

**II/ Rupture du courant électrique dans le dipôle RL :**

A l'ouverture de l'interrupteur k, la bobine traversée par un courant d'intensité décroissante, crée un champ magnétique de valeur décroissante et produit un courant électrique d'auto-induction de même sens que le courant provenant du générateur d'où le retard de la diminution de l'intensité du courant électrique dans le dipôle RL.

* Equation différentielle associée à la rupture du courant électrique dans le dipôle RL :

| | En fonction de i(t) | En fonction de $u_R$(t) | En fonction de $u_B$(t) |
|---|---|---|---|
| Equation différentielle | $L\frac{di}{dt} + (R+r)i = 0$ | $L\frac{du_R}{dt} + (R+r)u_R = 0$ | $L\frac{du_B}{dt} + (R+r)u_B = 0$ |



* Résolution de l'équation différentielle vérifiée par i(t) : $L\frac{d}{dt}i+(R+r)i=0$

Cette équation différentielle admet comme solution i(t)= $\frac{E}{(R+r)}e^{-\frac{t}{\tau}}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| | i(t)= $\frac{E}{(R+r)}e^{-\frac{t}{\tau}}$ | $U_{R(t)}$= $\frac{RE}{(R+r)}e^{-\frac{t}{\tau}}$ | $u_B$=-$u_R$=-R $\frac{E}{(R+r)}e^{-\frac{t}{\tau}}$ |
| A t=0<br>A t=$\tau$<br>A t=5$\tau$ | $I_p=\frac{E}{R+r}$<br>0,37 $I_p$<br>0 | $\frac{ER}{R+r}$<br>0,37$U_{RM}$<br>0 | $-\frac{ER}{R+r}$<br>-0,37$u_{RM}$<br>0 |
| Représentation | | | |

## EXERCICES

### Exercice N°1 :

Une bobine AC fermée sur un résistor de résistance R est placée dans le champ magnétique crée par un aimant droit comme l'indique la figure-1-.
On approche l'aimant de-la bobine par son pôle nord.
Un courant induit d'intensité électrique, **i**, passe dans le circuit.

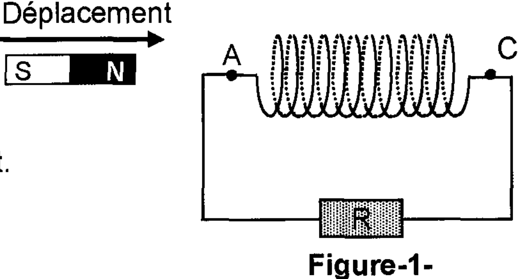


Figure-1-

**1°/** De quel phénomène physique s'agit – il ? A quoi est dû ?

**2°/**

**a-** Enoncer la loi de Lenz.

**b-** Indiquer sur la figure -1-:

- Les vecteurs champs magnétiques crées à l'intérieure de la bobine.
- Le sens du courant induit.

**3°/** Déterminer, avec justification, le signe de la tension $u_{AC}$ .

**4°/** Dans le but de déterminer l'inductance L de la bobine AC de résistance supposée nulle, on réalise le montage de la figure -2- comportant : un générateur délivrant une tension périodique triangulaire, un conducteur ohmique de résistance **R=100Ω** et la bobine AC.
Un oscilloscope à mémoire permet de visualiser simultanément les tensions $u_{BA}$ et $u_{AC}$ après avoir appuyer sur le bouton inverse de la voie Y .Figure -3- .

**On donne :** Sensibilité verticale pour les deux voies : **1V/div** et la base de temps : **1ms/div.**

**a-** Expliquer le comportement de la bobine lorsqu'elle est parcourue par un courant variable **i**.

**b-** Montrer que la tension électrique, $u_{AC}(t)$ s'écrit sous la forme de: $u_{AC}(t) = \frac{L}{R} \cdot \frac{du_{BA}(t)}{dt}$.

**c-** Etablir l'expression, en fonction du temps, de la tension $u_{BA}(t)$ aux bornes du conducteur ohmique dans l'intervalle de temps **[0 ; 1ms]**.

**d-** Quelle est la valeur de la tension $u_{AC}(t)$ dans l'intervalle de temps **[0 ; 1ms]**.

**e-** En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

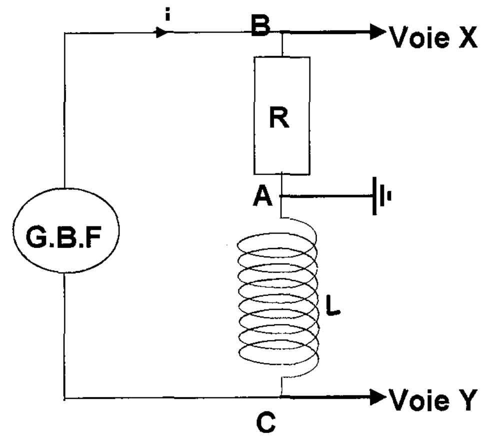


Figure -2-

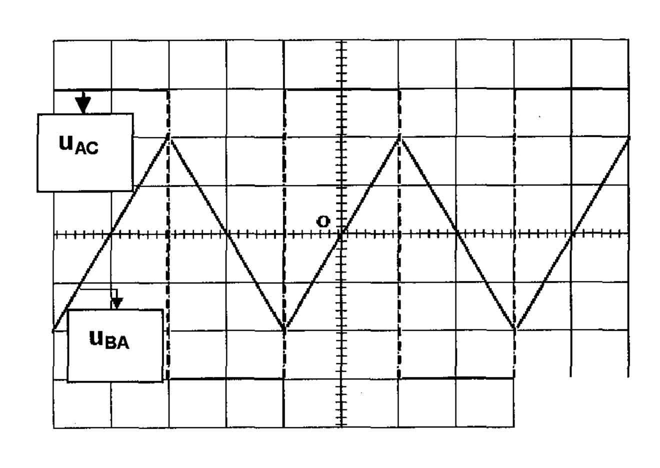


Figure -3-

***Exercice N°2 :***

On monte en série, un génerateur G, un résistor de résistance **R=300Ω** et une bobine (B) d'inductance L et de résistance r. Figure -1-

Un oscilloscope bicourbe branché au circuit donne après le réglage nécessaire les oscillogrammes des tensions $u_B(t)$ aux bornes de la bobine (B) sur la voie $Y_1$ et $u_R(t)$ aux bornes du résistor sur la voie $Y_2$.

**1°/** Faire correspondre les points du circuit (A,P et N) de la figure -1- avec l'oscilloscope (voie $Y_1$ , voie $Y_2$ et masse) afin de visualiser les tensions $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

**2°/** La tension électrique aux bornes de la bobine est éxprimée par la relation suivante :$u_B(t)= -e + r.i(t)$.

**a-** Nommer e.

**b-** Donner l'expression de e en fonction de L et de $\frac{di(t)}{dt}$.

**3°/** Le génerateur G débite, dans une première expérience,un courant électrique d'intensité constante égale $I_0$. *La figure -2- donne les oscillogrammes* $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

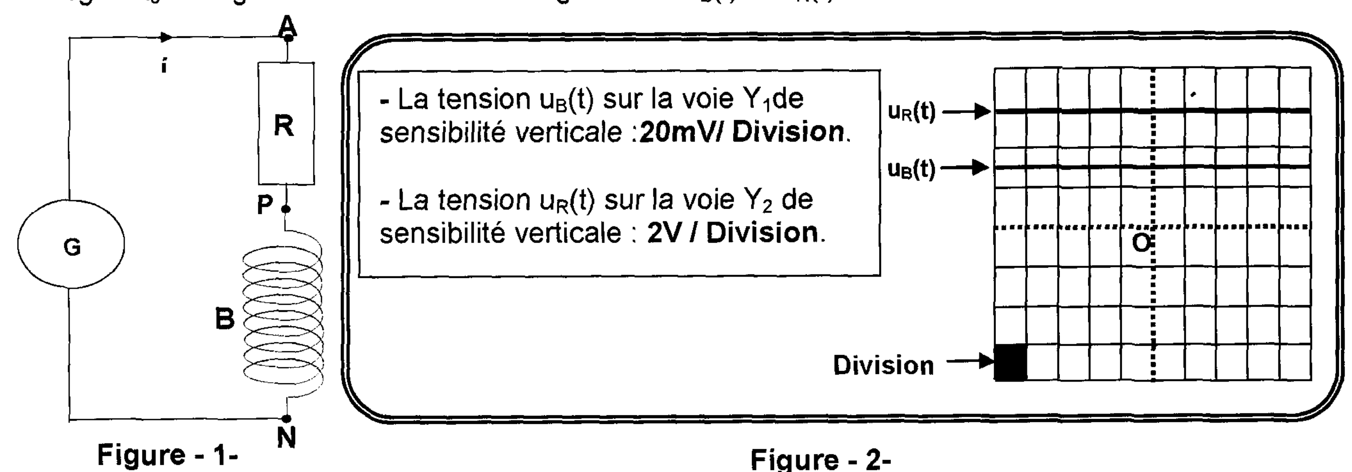



**Figure - 1-** **Figure - 2-**

**a-** Déterminer graphiquement les valeurs de $u_B$ et $u_R$.

**b-** Déduire les valeurs de $I_0$ et de r.

**4°/** Dans une deuxième expérience en remplace le générateur précédent par un générateur à basses fréquences (G.B.F). La figure -3- donne les oscillogrammes $u_B(t)$ et $u_R(t)$.

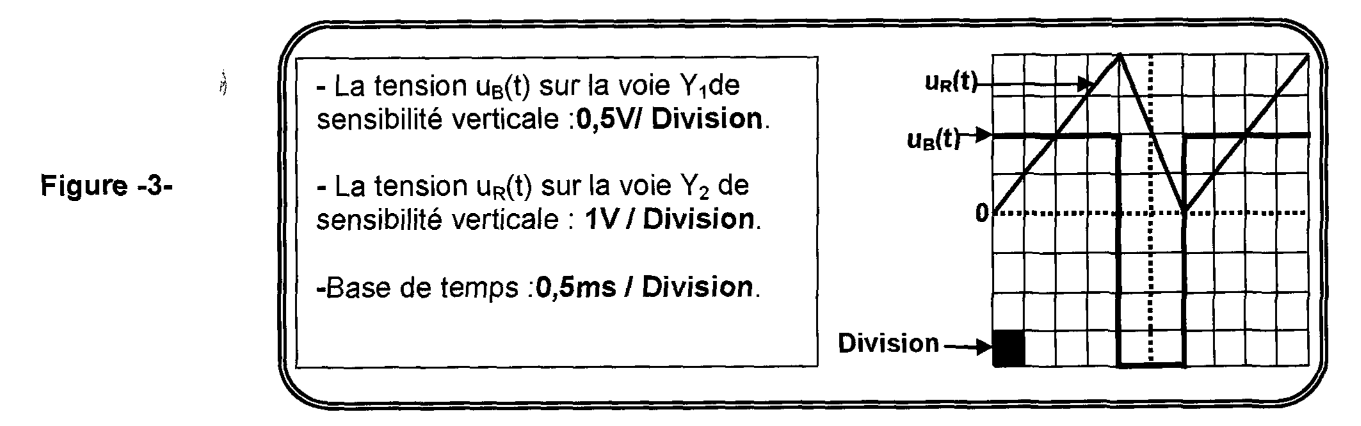



**Figure -3-**

**a-** Montrer, qu'a tout instant, la bobine B est le siège d'un phénomène d'auto induction électromagnétique.

**b-** On néglige la résistance r de la bobine, déterminer graphiquement les deux valeurs $e_1$ et $e_2$ crées dans la bobine durant une période.

**c-** Montrer que $e = -\frac{L}{R}.\frac{du_R}{dt}$. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine B.

## Exercice N°3:

On considère le montage constitué par un conducteur ohmique de résistance **R = 13** Ω, un générateur idéal de fem **E= 6V** et une bobine, (B), d'inductance L variable et de résistance **r = 2,5** Ω. Figure -1-.
Lorsqu'on ferme l'interrupteur, un système d'acquisition permet d'enregistrer la tension **u** aux bornes du conducteur ohmique.
On réalise deux acquisitions successives pour deux valeurs différentes de l'inductance $L_1$ **= 100 mH** et $L_2$ sans modifier le circuit, on obtient les deux graphes ci- dessous :

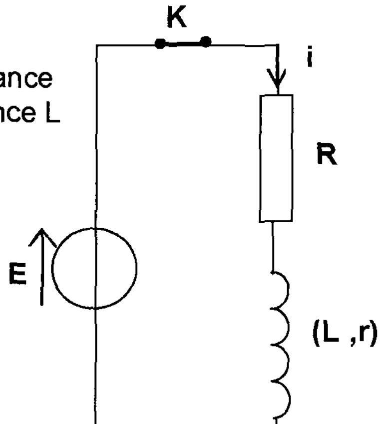
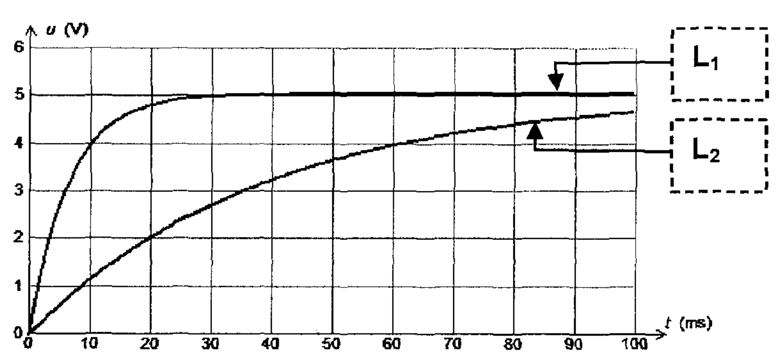


Figure -1-




**1°/**

**a-** En régime permanent, quelles sont les valeurs de $u_{(R)}(t)$, $u_{(B)}(t)$ et l'intensité du courant $I_p$ ?

**b-** Expliquer pourquoi ces trois valeurs sont-elles indépendantes de la valeur de l'inductance L ?

**2°/**

**a-** Etablir l'équation différentielle à la quelle obéit l'intensité i(t) du courant électrique.

**b-** Sachant que cette équation différentielle admet comme solution : $i(t) = A(1 - e^{-\frac{R+r}{L}t})$, déduire A.

**3°/a-** Par une analyse dimensionnelle, vérifier que la constante de temps, $\tau$ , du dipôle RL est bien homogène à une durée.

**b-** Déterminer, en expliquant la méthode utilisée, la constante de temps, $\tau$ , de la deuxième acquisition de la bobine d'inductance $L_2$.

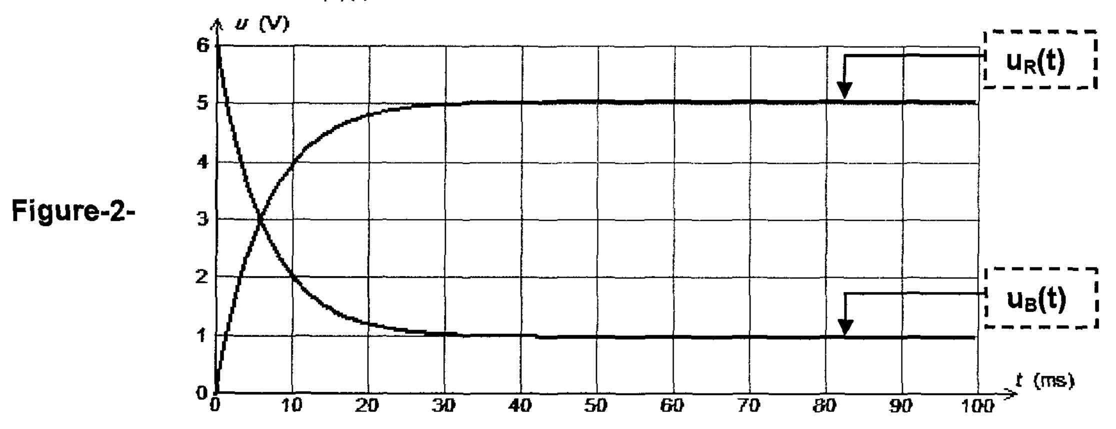
**c-** En déduire la valeur de l'inductance $L_2$ de la bobine lors de la deuxième acquisition.

**4°/** Lors de l'expérience faite avec la bobine d'inductance $L_1$, on a réalisé simultanément l'acquisition de $u_{(R)}(t)$ et $u_{(B)}(t)$ on obtient les deux graphes de la figure -2-.
Si on modifie un seul paramètre chaque fois, tracer sur la figure -2- et avec justification :

**a-** L'allure de la courbe de $u_{(R)}(t)$ si **R= 28** Ω.

**b-** L'allure de la courbe de $u_{(B)}(t)$ si **r= 0** Ω.

Figure-2-



## *Exercice N°4:*

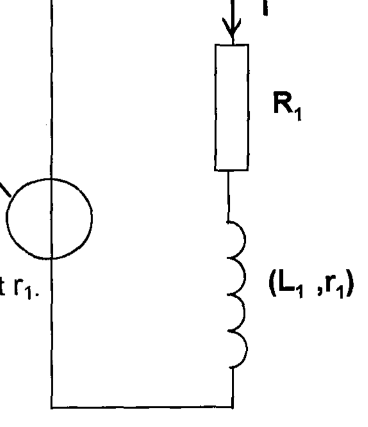


**Figure -1-**

On réalise un circuit comportant un générateur de fem **E= 8V**, une bobine $B_1$ d'inductance $L_1 = 8.10^{-2}$ **H** et de résistance $r_1$, un résistor de résistance $R_1 = 30\ \Omega$. Figure-1-.

A une date **t = 0**, on ferme l'interrupteur K.

**1°/** Etablir l'équation différentielle du circuit faisant intervenir l'intensité i.

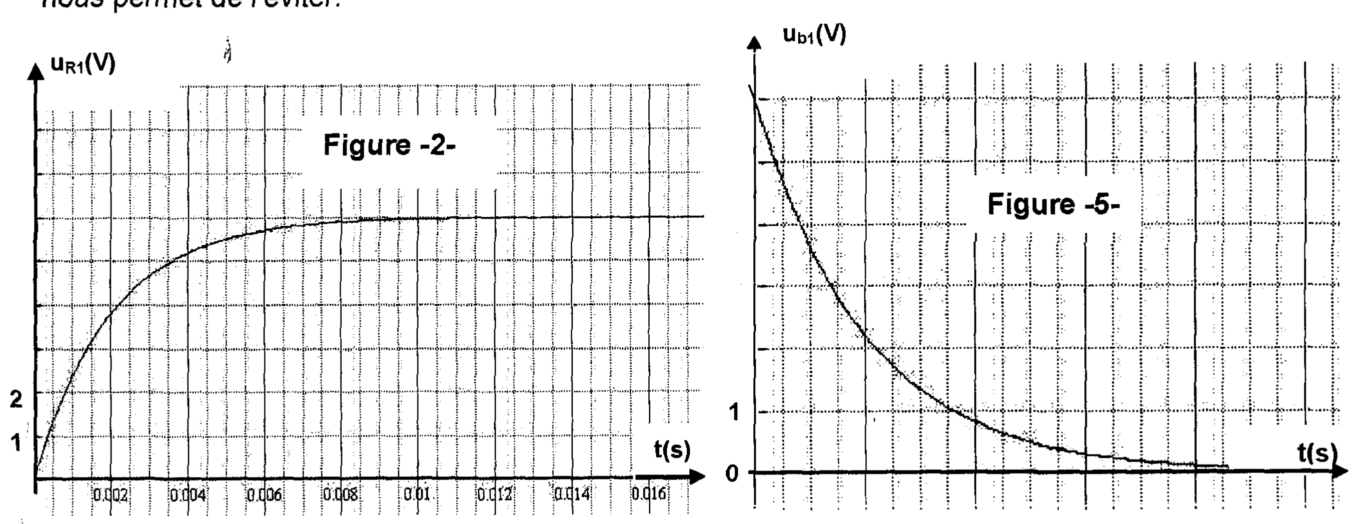
**2°/** Sachant que $i(t) = I_0\,(1 - e^{-t/\tau})$ est une solution de l'équation différentielle, déterminer les expressions de $I_0$ et de $\tau$ en fonction de E, $L_1$, $R_1$ et $r_1$.

**3°/** On visualise, à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, la tension $u_{R1}(t)$ aux bornes du résistor $R_1$. Figure -2-.

**a-** Montrer que $u_{R1}(t)$ traduit l'évolution de l'intensité i(t).
**b-** Expliquer le retard d'établissement du régime permanent dans le circuit.
**c-** Déduire, à partir de la figure -2-, la valeur de $I_0$.
**d-** Représenter, en justifiant sur la figure -2-:
* L'allure de la courbe représentative (I) de la tension aux bornes du générateur.
* L'allure de la courbe représentative (II) de l'évolution de $u_{R1}(t)$ lorsqu'on remplace la bobine $b_1$ par une bobine $b_2$ d'inductance $L_2 = L_1$ et de résistance nulle.
* L'allure de la courbe représentative (III) de l'évolution de $u_{R1}(t)$ lorsqu'on remplace la bobine $b_1$ par un résistor de résistance $r_1$.

**4°/** Un système d'acquisition non représenté permet d'enregistrer la tension $u_{b1}(t)$. Figure -3-.
**a-** Exprimer la tension $u_{b1}$ en fonction de $L_1$, i et $r_1$.
**b-** Montrer que $u_{b1}(t)$ s'écrit sous la forme $u_{b1}(t) = A\,e^{-t/\tau} + B$. Déterminer les expressions de A et B.
**c-** Déduire la valeur de $r_1$.
**d-** Déterminer l'instant à laquelle l'énergie emmagasinée dans la bobine vaut **$1{,}344.10^{-3}$J**.
**e-** Représenter l'allure de la courbe de la tension $u_{b1}(t)$ lorsqu'on augmente la résistance $R_1$.

**5°/** Expliquer l'apparition de l'étincelle au niveau de l'interrupteur et proposer un circuit électrique nous permet de l'éviter.



## CORRECTION

### Exercice N°1:

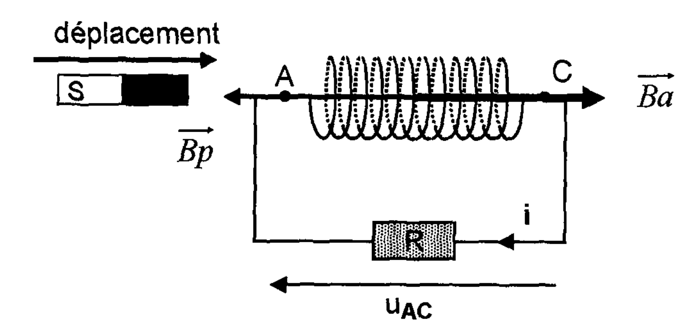
**1°/** C'est le phénomène d'induction électromagnétique qui s'est produit dans la bobine et dû à la variation de la valeur du champs magnétique crée par l'aimant dans la bobine (déplacement de l'aimant).

**2°/**

**a-** La loi de Lenz : Le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose par ses effets à la cause qui lui a donné naissance.

**b-** $\overrightarrow{Ba}$ : Vecteur champs magnétique crée par l'aimant.

$\overrightarrow{Bp}$ : Vecteur champs magnétique crée par le courant induit.




**3°/** $u_{AC}$ est négative car les flèches de i et $u_{AC}=V_A-V_C<0$ car $V_A<V_C$ sont de même sens.

**4°/**

**a-** La variation de l'intensité du courant électrique dans la bobine provoque l'apparition du phénomène d'auto-induction dans la bobine puisqu'elle est l'induit et l'inducteur.

**b-** $u_{AC}(t) = L.\dfrac{di(t)}{dt}$ or $u_{BA}$ (t)= R.i (t) alors i(t) = $\dfrac{u_{BA}(t)}{R}$ par suite $u_{AC}(t) = L.\dfrac{d(\frac{u_{BA}(t)}{R})}{dt}$ alors

$u_{AC}(t) = \dfrac{L}{R}.\dfrac{du_{BA}(t)}{dt}$.

**c-** $u_{BA}$ = f(t) est une droite qui passe par l'origine d'équation : $u_{BA}$ (t) = a t. Avec a : le coefficient directeur de la droite dans l'intervalle [0 ; 1ms] . a= $\dfrac{2}{10^{-3}}$ = $2.10^3$ $V.s^{-1}$ par suite $u_{BA}$ (t) = $2.10^3$ t.

**d-** Dans l'intervalle [0 ; 1ms] , $u_{AC}$ (t)= 3 V.

**e-** $u_{AC}(t) = \dfrac{L}{R}.\dfrac{du_{BA}(t)}{dt}$ alors L= $\dfrac{u_{AC}(t)\times R}{\frac{du_{BA}(t)}{dt}}$ .AN : L = $\dfrac{3\times 100}{2.10^3}$ = $15.10^{-2}$ H.

### Exercice N°2:

**1°/** A ⟶ $Y_2$ ; P ⟶ Masse ; N ⟶ $Y_1$

**2°/**

**a- e** : Force électromotrice d'auto induction.

**b-** e = - $L.\dfrac{di(t)}{dt}$.

**3°/**

**a-** $u_B$ = 30mV et $u_R$ = 6V.

**b-** $u_R = R.I_0$ alors $I_0 = \frac{u_R}{R}$. AN : $I_0 = \frac{6}{300} = 2.10^{-2} A$.

$u_B = L.\frac{di(t)}{dt} + r.i(t)$ puisque i est constante au cours du temps alors $\frac{di(t)}{dt} = 0$ par suite $u_B = r.I_0$

d'où $r = \frac{u_B}{I_0}$. AN : $r = \frac{30.10^{-3}}{2.10^{-2}} = 1,5\Omega$.

**4°/**

**a-** La bobine jouant, simultanément, le rôle de l'inducteur et de l'induit est traversée par un courant électrique d'intensité variable. Elle fait apparaître une fem d'auto induction à ses bornes on dit qu'elle est le siège d'un phénomène d'auto induction.

**b-** En négligeant la résistance de la bobine $e = -u_B(t)$
Dans la partie ascendante de la période : $e_1 = -1V$.
Dans la partie descendante de la période : $e_2 = 2V$.

**c-** $e = -L.\frac{di(t)}{dt} = -\frac{L}{R}.\frac{du_R(t)}{dt}$. $L = -\frac{e_1.R}{\frac{du_R(t)}{dt}}$ avec $\frac{du_R(t)}{dt} = a$ : Le coefficient directeur du segment ascendant de la courbe $u_R(t)$. $\frac{du_R(t)}{dt} = a = \frac{4}{2.10^{-3}} = 2.10^3 V.A^{-1}$. AN : $L = -\frac{-1\times 300}{2.10^3} = 0,15H$.

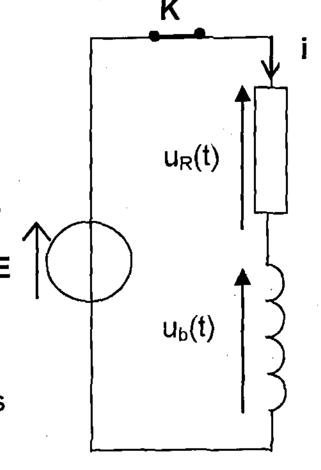
## *Exercice N°3:*

**1°/**

**a-** $u_R(t) = 5$ V ; $u_B(t) = E - u_R(t)$. AN : $u_B(t) = 1$ V et $u_R(t) = R\,I_P$ alors $I_P = \frac{u_R(t)}{R}$. AN : $I_P = 0,38$ A.

**b-** $I_P = \frac{E}{R + r}$ ; $u_R(t) = R \times I_P$ et $u_B(t) = E - u_R(t)$ donc les trois grandeurs ne dépendent pas de L.

**2°/**




**a-** $u_B(t) + u_R(t) = E$ alors $L\frac{di}{dt} + ri + Ri = E$ alors $L\frac{di}{dt} + (r+R)i = E$.

**b-** $i(t) = A\,(1 - e^{-(\frac{R+r}{L})t})$ alors $\frac{di}{dt} = \frac{A(R+r)}{L}\,e^{-(\frac{R+r}{L})t}$ or $L\frac{di}{dt} + (R+r)i = E$

alors $L\frac{A}{L}(R+r)e^{-(\frac{R+r}{L})t} + (R+r)A(1 - e^{-(\frac{R+r}{L})t}) = E$ alors

$A(R+r)e^{-(\frac{R+r}{L})t} + (R+r)A - (R+r)A\,e^{-(\frac{R+r}{L})t} = E$ alors $A\,(R+r) = E$ alors

$A = \frac{E}{R+r}$.

**3°/**

**a-** $[\tau]=\frac{[L]}{[R]}$ or $[R]=\frac{[u]}{[I]}$ et $[L]=\frac{[I].[t]}{[u]}$ par suite $[\tau]=\frac{[u][I][t]}{[I][u]}$ alors $[\tau]=[t]$.

**b-** $\tau$ = 35 ms = 35.10$^{-3}$ s (méthode de tg : $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection entre la tg à la courbe u=f(t) à t=0s et son asymptote u=5V.

**c-** $\tau=\frac{L_2}{R+r}$ alors $L_2$ = $\tau$ (R+r). AN : $L_2$ = 0,54 H.

**4°/**

**a-** Si R = 28 Ω alors $\tau=\frac{L_1}{R+r}=3{,}2$ ms et $U_{Rmax}=RI_m=R\ \frac{E}{R+r}$. AN : $U_{Rmax}$ = 5,5 V (courbe -1- de la figure -3a- ).

**b-** Si r = 0 alors $u_{B)permanent}$ = 0 et $\tau=\frac{L_1}{R}$ AN : $\tau=\frac{0{,}1}{13}=7{,}6$ ms (courbe -2- de la figure -3b- ).
et $u_B(t)$ en régime permanent = $r.I_p$ = 0.

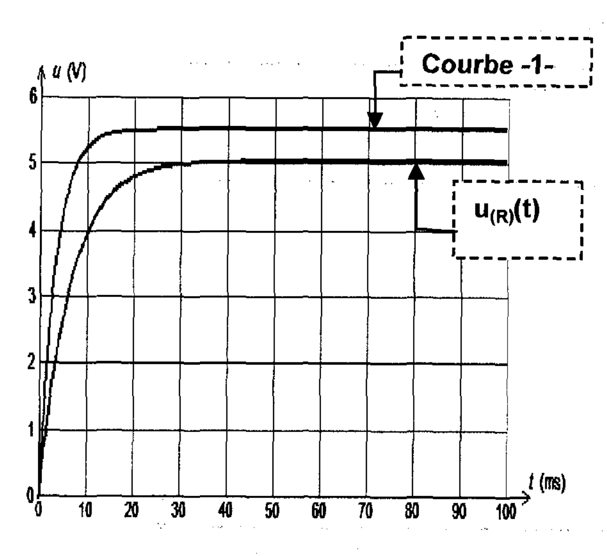



Figure -3a-

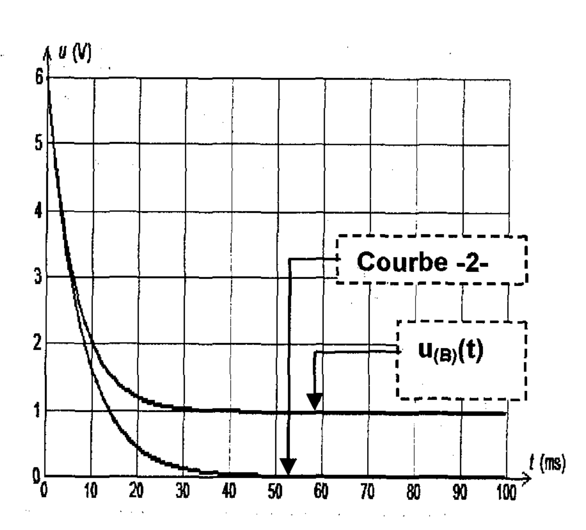
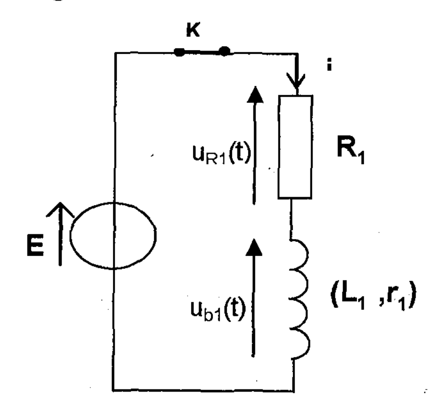



Figure -3b-

## ***Exercice N°4:***




**1°/** D'aprés la loi des mailles : $u_{b1}(t)+u_{R1}(t)-E=0$
alors $L_1\frac{di}{dt}+r_1i+R_1i=E$ alors $L_1\frac{di}{dt}+(r_1+R_1)i=E$

**2°/** $i(t)=I_0\,(1-e^{\frac{-t}{\tau}})$ alors $\frac{di}{dt}=\frac{I_0}{\tau}\ e^{\frac{-t}{\tau}}$ or $L_1\frac{di}{dt}+(R_1+r_1)i=E$

alors $L_1\frac{I_0}{\tau}.e^{\frac{-t}{\tau}}+(R_1+r_1)I_0-(R_1+r_1).I_0.e^{\frac{-t}{\tau}}=E$ alors

$I_0.e^{\frac{-t}{\tau}}(\frac{L_1}{\tau}-(R_1+r_1))+(R_1+r_1)I_0=E$ alors $\frac{L_1}{\tau}-(R_1+r_1)=0$ alors $\tau=\frac{L_1}{(R_1+r_1)}$ et $I_0=\frac{E}{(R_1+r_1)}$.

**3°/**

**a-** $u_{R1}(t) = R_1.\,i(t)$ comme $R_1$ est une constante positive alors $u_{R1}(t)$ et $i(t)$ sont proportionnelles elles varient de la même façon.

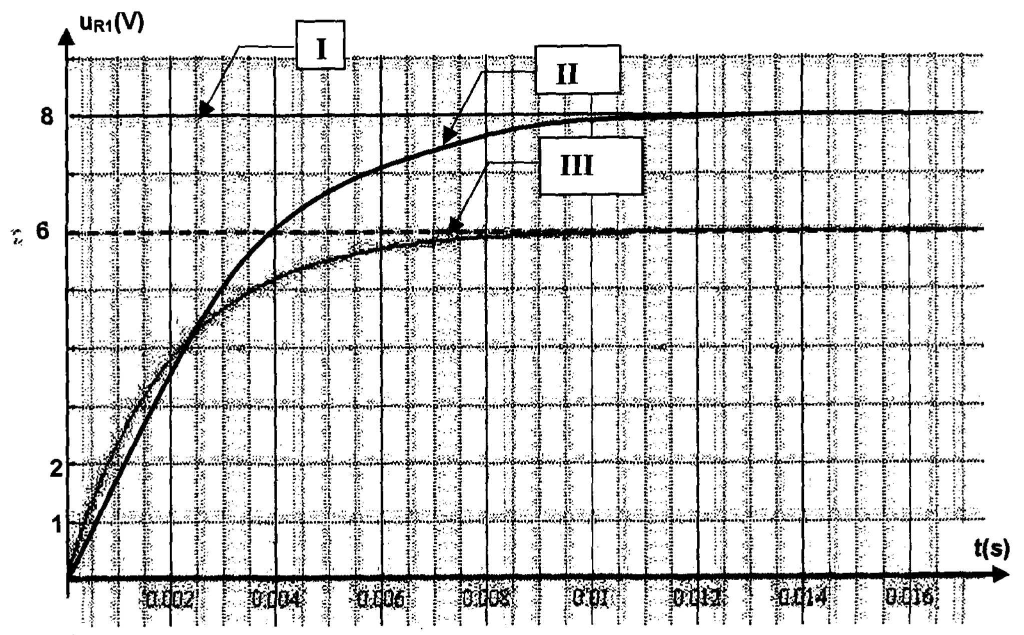
**b-** Le retard de l'établissement du régime permanent est dû au phénomène d'auto induction crée dans la bobine qui s'oppose à l'installation de ce régime.

**c-** $I_0 = \frac{u_{R_1/permanant}}{R_1}$. AN : $I_0 = \frac{6}{30} = 0,2A$.

**d-** Justification de la courbe (I) : $u_G = E$ = Constante = 8V.

Justification de la courbe (II) : $r_1 = 0$, en régime permanent $u_{R_1/permanant} = I_0.R_1$ = E = 8V et $\tau = \frac{L_1}{R_1}$ augmente.

Justification de la courbe (III) : L=0 alors $\tau = 0$ et $u_{R_1/permanant} = E - r_1 I_0 = 6V$.




**4°/**

**a-** $u_{b1}(t) = L_1\frac{di}{dt} + r_1 i$.

**b-** $u_{b1}(t) = L_1\frac{I_0}{\tau}.e^{\frac{-t}{\tau}} + r_1 I_0 - r_1.I_0.e^{\frac{-t}{\tau}} = I_0.e^{\frac{-t}{\tau}}((R_1 + r_1) - r_1) + r_1.I_0$.

$u_{b1}(t) = = R_1.I_0.e^{\frac{-t}{\tau}} + r_1.I_0 = A.e^{\frac{-t}{\tau}} + B$ alors $A = R_1.I_0$ et $B = r_1.I_0$.

**c-** En régime permanent : $u_{b1/p} = B = r_1.I_0$ = 2V alors $r_1 = \frac{2}{I_0} = \frac{2}{0,2} = 10\Omega$.

**d-** $\xi = \frac{1}{2}L_1 i^2$ alors $i = \sqrt{\frac{2.\xi}{L_1}}$ AN : $i = \sqrt{\frac{2\times 1,344.10^{-3}}{8.10^{-2}}} = 0,183A$.

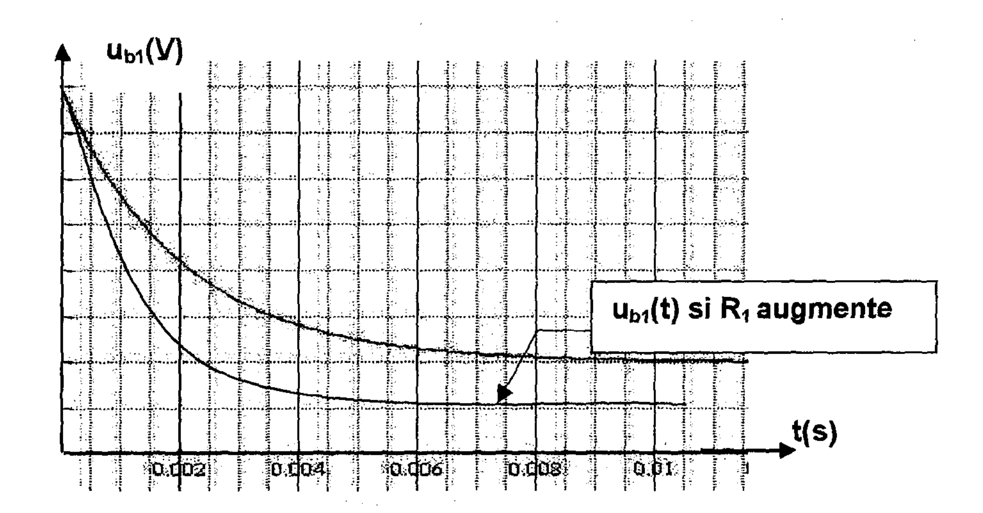
D'après la loi d'ohm $u_{R1} = R_1.\,i$. AN : $u_{R1}(t) = 0,183\times 30 = 5,5V$.

D'aprés la loi des mailles : $u_{b1}(t) + u_{R1}(t) - E = 0$ d'où $u_{b1}(t) = E - u_{R1}(t)$ AN : $u_{b1}(t) = 8 - 5,5 = 2,5V$.

Par projection sur la courbe $u_{B1}(t)$ on trouve t= 0,005s.

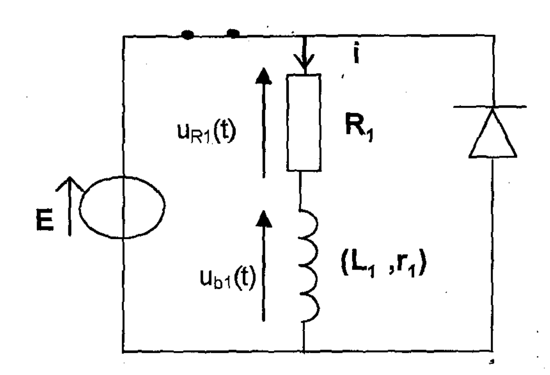
**e-** Si $R_1$ augmente alors $\tau = \dfrac{L_1}{R_1 + r_1}$ diminue alors $5\tau$ diminue.

Si $R_1$ augmente alors $I_0 = \dfrac{E}{R_1 + r_1}$ diminue alors $u_{b1/permanant} = r_1\, I_0$ diminue.




**5°/** * L'étincelle au niveau de l'interrupteur K résulte au phénomène d'auto induction dans la bobine (production du courant électrique d'auto induction de même sens que le courant inducteur du générateur)

* Pour éviter cette étincelle il suffit de brancher une diode en parallèle avec le dipôle RL).

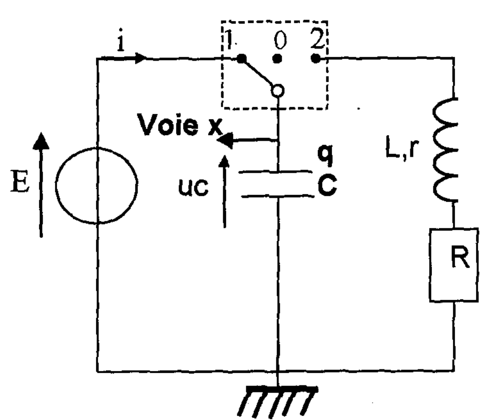




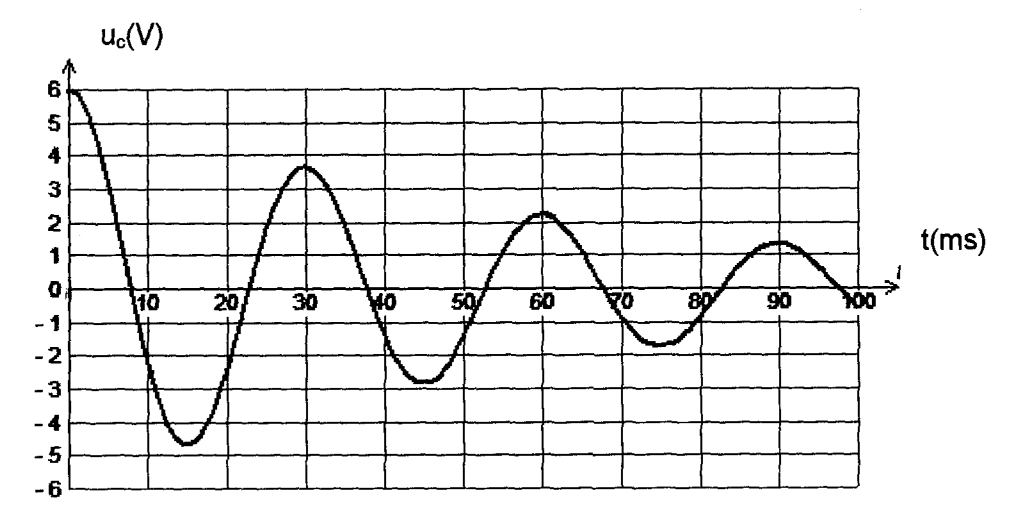

## L'ESSENTIEL DU COURS

### A- LES OSCILLATIONS ELECTRIQUES LIBRES AMORTIES :

* Etude expérimentale :

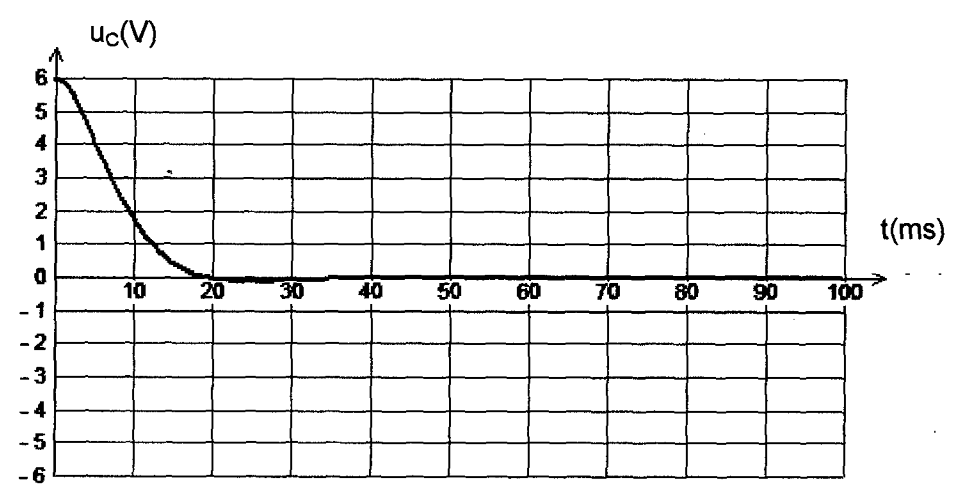



* K sur la position (1) : Charge instantanée du condensateur. A la fin de la charge on a : $u_C = U_{Cm} = E$ et $q = Q_m = C\,E$.
* K sur la position (2), on visualise sur l'écran de l'oscilloscope à mémoire la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur, on obtient :



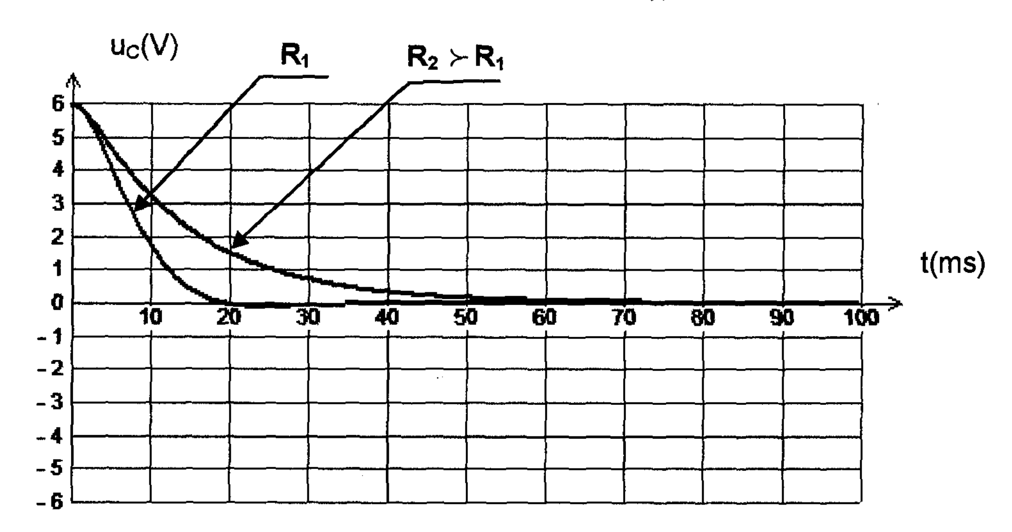

- Le circuit RLC série est le siège d'oscillations électriques libres amorties.
* Oscillations : La tension $u_c(t)$ varie de part et d'autre de sa valeur nulle.
* Libres : Les oscillations se produisent en absence du générateur.
* Amorties : l'amplitude des oscillations de $u_c(t)$ diminue au cours du temps.
- Lorsque la résistance totale du circuit (R+r) est faible, le circuit est en régime pseudo-périodique caractérisé par une pseudo-période T.
- En régime pseudo-périodique, par augmentation de la résistance totale du circuit :
* Le nombre des oscillations, pendant la même durée, diminue.
* La pseudo-période T augmente.

- Lorsque la résistance totale du circuit (R +r) est relativement importante, le régime n'est plus oscillatoire il est apériodique au cours du quel la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur s'annule sans effectuer aucune oscillation.




En régime apériodique lorsqu'on augmente la résistance totale (R +r) du circuit la durée d'annulation de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur augmente.

- La résistance critique correspond à la plus petite résistance du circuit dans le régime apériodique associé à la plus petite durée d'annulation de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.



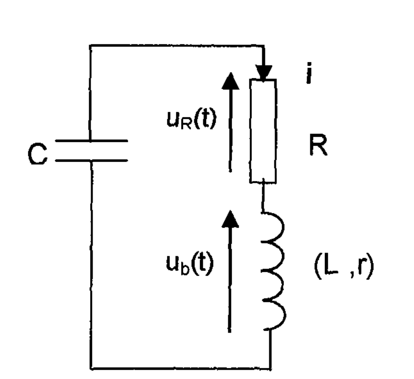

* Etude théorique.

- L'équation différentielle régissant l'évolution d'un circuit RLC série en régime libre en fonction de $u_c(t)$.

La loi des mailles : $u_b(t) + u_R(t) + u_C(t) = 0$ alors $L\dfrac{di(t)}{dt} + (R+r)\,i + u_C(t) = 0$

or $i = C\dfrac{du_C(t)}{dt}$ alors $LC\dfrac{d^2u_C(t)}{dt^2} + (R+r)\,C\dfrac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = 0$ d'où

$$\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + \frac{(R+r)}{L}\,\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{LC}\,u_C(t) = 0.$$



- Energie totale emmagasinée dans le circuit : $E_T = E_C + E_L$.

$E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C u_C^2$ et $E_L = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} L (\frac{u_R}{R})^2 = \frac{1}{2} L C^2 (\frac{du_C}{dt})^2$.

- Diminution de l'énergie totale d'un circuit RLC en série.

$\frac{dE_T}{dt} = C.\, u_C.\frac{du_C}{dt} + L.\, i.\, \frac{di}{dt} = u_C.i + L.\, i.\, \frac{di}{dt} = i.(u_C + L.\, \frac{di}{dt})$ or $u_C + L.\, \frac{di}{dt} = -(R+r).i$ d'où

$\frac{dE_T}{dt} = i.\, (-(R+r).i) = -(R+r).\, i^2 < 0$ car $(R+r) \succ 0$ et $i^2 \succ 0$ alors l'énergie totale $E_T$ diminue au cours du temps.

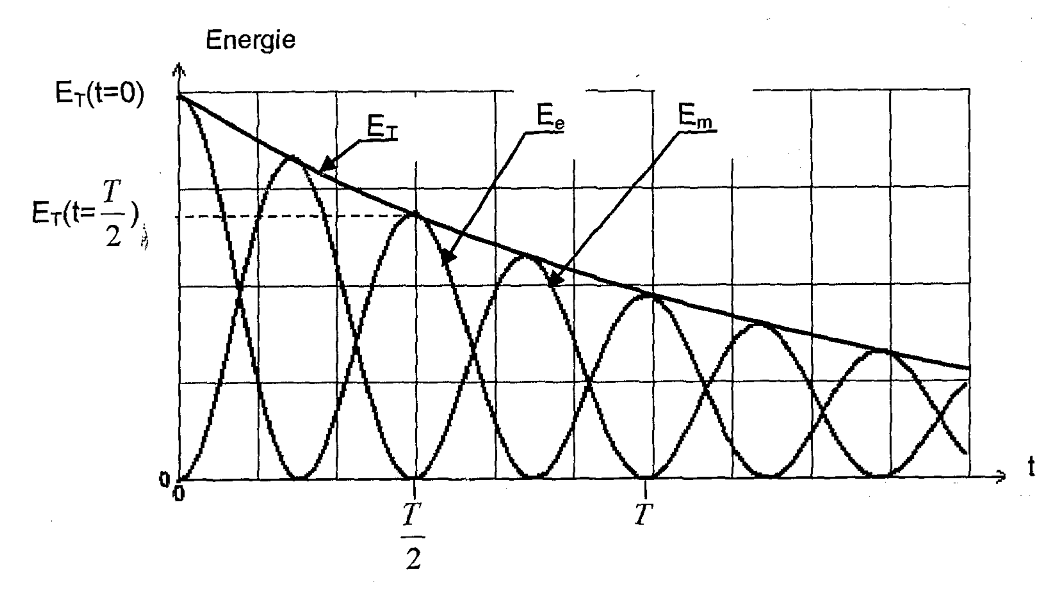
Cette diminution de l'énergie est due à l'existence d'une résistance dans le circuit RLC qui transforme une partie de cette énergie par effet Joule.

* Transformations mutuelles non intégrales des énergies électrique et magnétique.

- Au cours de la décharge du condensateur qui se produit entre $t_0 = nT$ et $t_1 = nT + \frac{T}{4}$, l'énergie $E_C$ qui y est stockée diminue car $|q|$ diminue tandis que l'énergie $E_L$ emmagasinée par la bobine augmente car $|i|$ augmente.

- Entre $t_1 = nT + \frac{T}{4}$ et $t_2 = nT + \frac{T}{2}$, l'énergie $E_C$ qui y est stockée augmente car $|q|$ augmente tandis que l'énergie $E_L$ emmagasinée par la bobine diminue car $|i|$ diminue d'où la transformation non intégrale de l'énergie magnétique en énergie électrique.

Au cours des oscillations pseudo-périodique il y a des transformations mutuelles non intégrales d'énergie électrostatique et d'énergie magnétique.

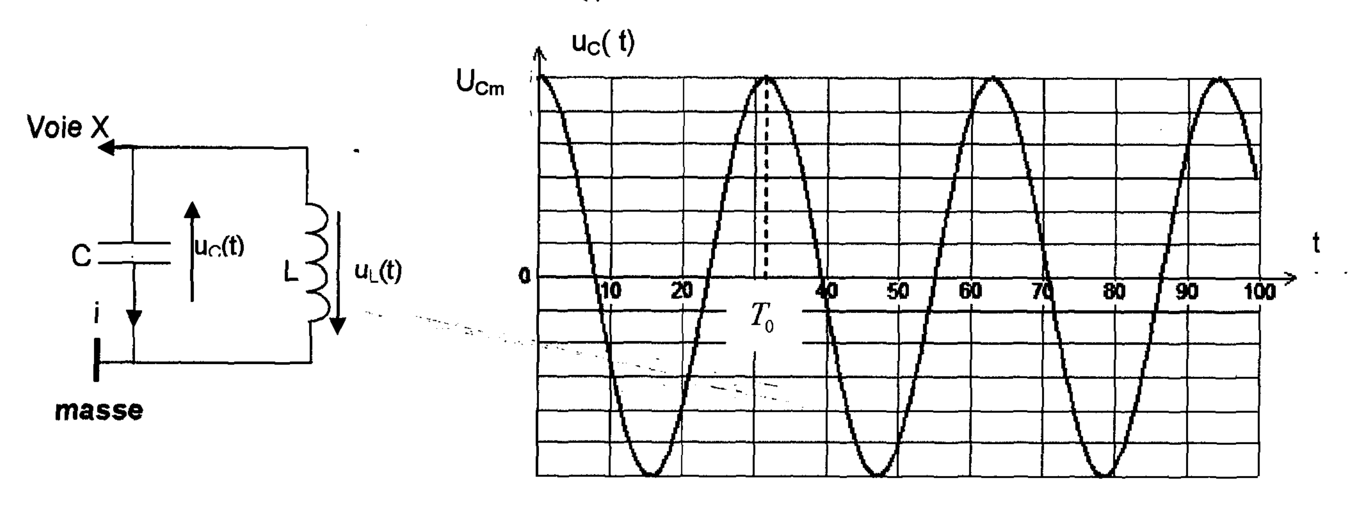



La variation d'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit RLC entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = \frac{T}{2}$ est exprimée par : $\Delta E_{T(t_0 \longrightarrow t_1)} = E_T(t_1) - E_T(t_0)$.

L'énergie $E_{Thermique}$ dissipée par effet Joule entre $t_0=0$ et $t_1=\frac{T}{2}$ exprimée par: $E_{Thermique} = |E_T(t_1) - E_T(t_0)|$.

## B- LES OSCILLATIONS ELECTRIQUES LIBRES NON AMORTIES :

* On ferme à t=0 un condensateur de capacité C initialement chargé sur une bobine purement inductive d'inductance L et on visualise la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.




* L'équation différentielle régissant l'évolution d'un circuit LC série en régime libre en fonction de $u_c(t)$.

La loi des mailles : $u_L(t) + u_C(t) = 0$ alors $L\frac{di(t)}{dt} + u_C(t) = 0$ or $i = C\frac{du_C(t)}{dt}$ alors $LC\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + u_C(t) = 0$

d'où $\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C(t) = 0$.

Cette équation différentielle admet comme solution: $u_c(t) = U_{Cm}\sin(\omega_0 t + \varphi_{u_C})$ avec

$U_{Cm}$ : amplitude de $u_C(t)$ et s'exprime en V.

$\omega_0$ : pulsation propre de l'oscillateur LC exprimée par la relation $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 2\pi N_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ (rad.s$^{-1}$).

$T_0$ : période propre des oscillations : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ et $N_0$ :fréquence propre des oscillations : $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

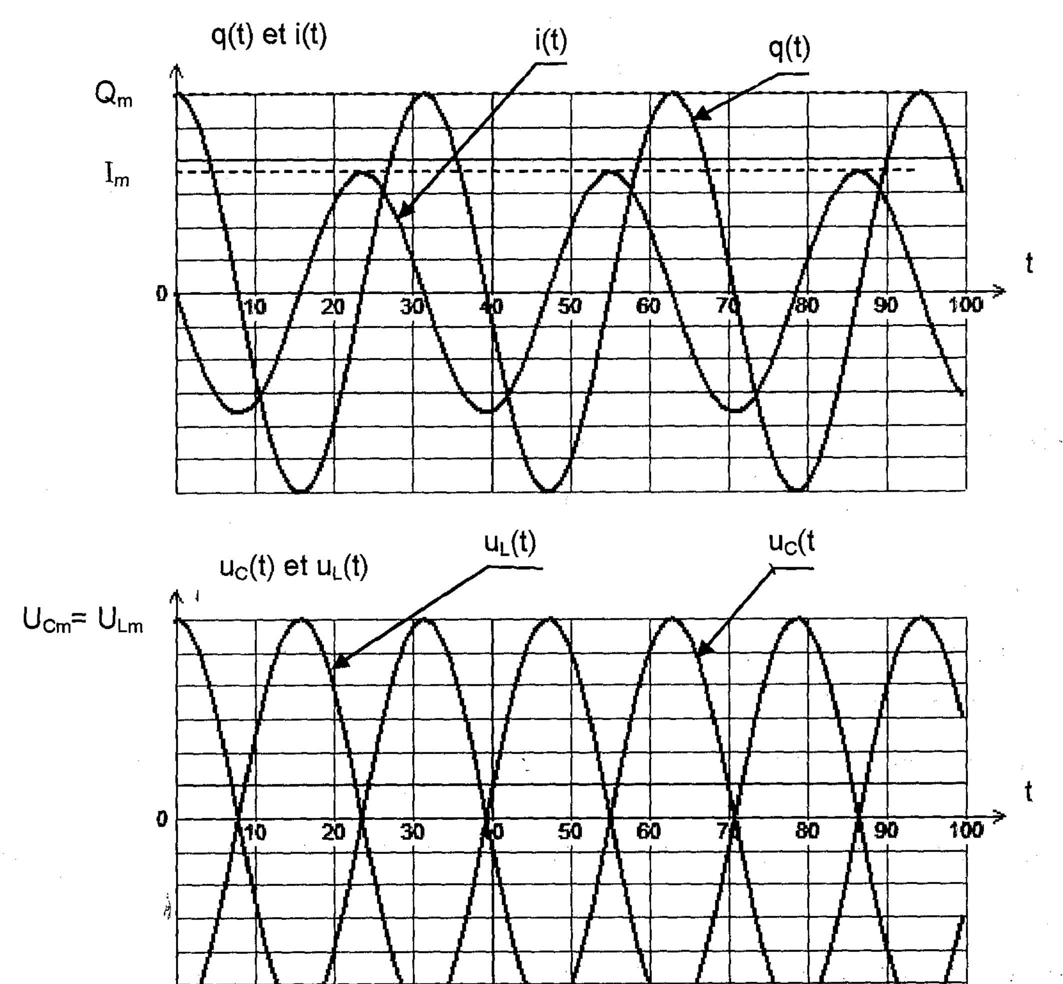
$\varphi_{u_C}$ : phase initiale de $u_C(t)$ (rad).

* q(t) : charge instantanée du condensateur : $q(t) = C\,u_C(t) = C\,U_{Cm}\sin(\omega_0 t + \varphi_{u_C}) = Q_m\sin(\omega_0 t + \varphi_q)$ avec $Q_m = C\,U_{Cm}$ et $\varphi_{u_C} = \varphi_q$ alors le déphasage de q(t) par rapport à $u_C(t)$ est $\Delta\varphi = \varphi_{u_C} - \varphi_q = 0$ d'où q(t) et $u_C(t)$ sont en phase ( elles prennent leurs valeurs maximales au même temps).

* i(t) : intensité du courant électrique instantanée : $i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = Q_m\,\omega_0\cos(\omega_0 t + \varphi_q)$ alors

$i(t) = Q_m\,\omega_0\sin(\omega_0 t + \varphi_q + \frac{\pi}{2}) = I_m\sin(\omega_0 t + \varphi_i)$ avec $I_m = Q_m\,\omega_0$ et $\varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2}$ alors le déphasage de i(t) par rapport à q(t) est $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_q = \frac{\pi}{2}$ rad d'où i(t) est en quadrature avance de phase par rapport à q(t) et à $u_c(t)$ (i(t) prend sa valeur maximale la première et que lorsque l'une prend sa valeur max ou min l'autre s'annule).

* $u_L(t)$ : tension électrique instantanée aux bornes de la bobine : $u_c(t) + u_L(t) = 0$ alors $u_L(t) = - u_c(t)$ alors $u_L(t) = - U_{Cm} \sin(\omega_0 t + \varphi_{u_C}) = U_{Cm} \sin(\omega_0 t + \varphi_{u_C} + \pi) = U_{Lm} \sin(\omega_0 t + \varphi_{u_L})$ avec $U_{Lm} = U_{Cm}$ et $\varphi_{u_L} = \varphi_{u_C} + \pi$ alors le déphasage de $u_L(t)$ par rapport à $u_c(t)$ est $\Delta\varphi = \varphi_{u_L} - \varphi_{u_C} = \pi$ rad d'où $u_L(t)$ et $u_c(t)$ sont en opposition de phase ($u_L(t)$ et $u_c(t)$ s'annulent au même temps mais lorsque l'une prend sa valeur max l'autre prend sa valeur min).
* Représentation graphique de q(t), i(t), $u_c(t)$ et $u_L(t)$




*** Remarques :**

- Un ampèremètre de résistance négligeable branché en série dans un circuit LC indique l'intensité efficace $I_{eff}$ ou I du courant électrique tel que $I_{eff} = \dfrac{I_{max}}{\sqrt{2}}$.
- Un voltmètre de grande résistance branché en parallèle du condensateur ou une bobine dans un circuit LC indique la tension efficace $U_{eff}$ ou U tel que $U_{eff} = \dfrac{U_{max}}{\sqrt{2}}$.

* La relation indépendante du temps entre q(t) et i(t).

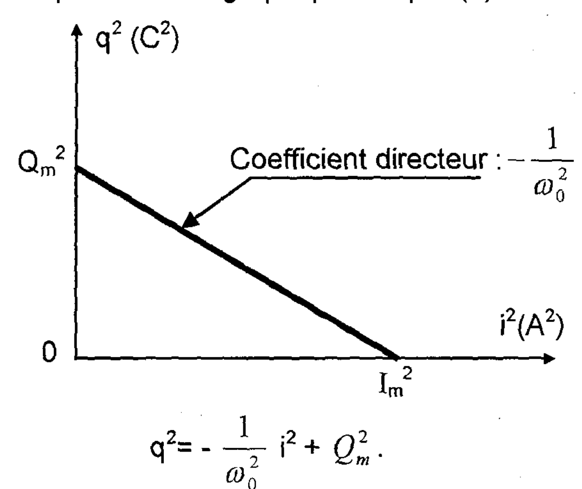
$q(t) = Q_m.\sin(\omega_0.t + \varphi_q)$ et $i(t) = Q_m\,\omega_0.\cos(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors

$q^2(t) = Q_m^2.\sin^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ et $i^2(t) = Q_m^2\omega_0^2.\cos^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors

$\frac{q^2(t)}{Q_m^2}=\sin^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ et $\frac{i^2(t)}{Q_m^2\omega_0^2} = \cos^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors $\frac{q^2(t)}{Q_m^2}+\frac{i^2(t)}{Q_m^2\omega_0^2}=1$ alors $i^2 = -\omega_0^2 q^2 + \omega_0^2 Q_m^2$ et

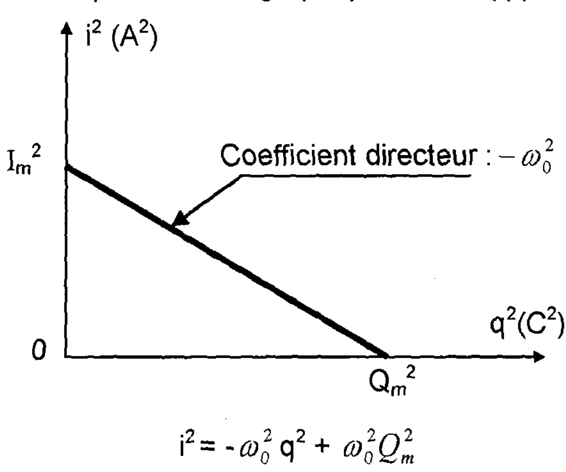
$q^2= -\frac{1}{\omega_0^2} i^2 + Q_m^2$.

* Représentation graphique de $q^2= f(i^2)$.




$q^2= -\frac{1}{\omega_0^2} i^2 + Q_m^2$.

Représentation graphique de $i^2= f(q^2)$.




$i^2 = -\omega_0^2 q^2 + \omega_0^2 Q_m^2$

* Conservation de l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit LC.

**1ère méthode :**

$E_T = \frac{1}{2}C\,u_C^2 + \frac{1}{2}L.\,i^2$ alors $\frac{dE_T}{dt} = C\,u_C\frac{du_c}{dt} + L.\,i.\frac{di}{dt} = u_C\,i + L.\,i.\frac{di}{dt} = i.(u_C + L.\frac{di}{dt}) = 0$, car

d'après l'équation différentielle $L.\frac{di}{dt} + u_C = 0$ par suite $\frac{dE_T}{dt} = 0$ donc le circuit LC est conservatif.

**2 ème méthode :**

$E_T=\frac{1}{2}C\,u_C^2 + \frac{1}{2}L.\,i^2 = \frac{1}{2}CU^2_{Cm}\sin^2(\omega_0.t + \varphi_{u_C}) + \frac{1}{2}L\,I^2_m\cos^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ or $I^2_m = Q_m^2 \times \omega_0^2 = C^2U_{Cm}^2 \times \frac{1}{LC}$

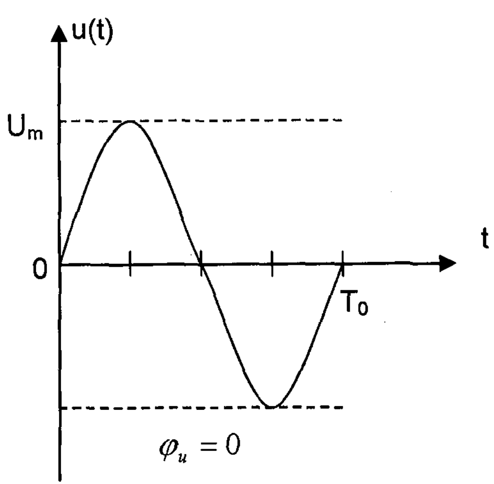
d'où $E_T = \frac{1}{2}C\,U^2_{Cm}\sin^2(\omega_0.t + \varphi_{u_C}) + \frac{1}{2}L\,C^2U_{Cm}^2 \times \frac{1}{LC}\cos^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors

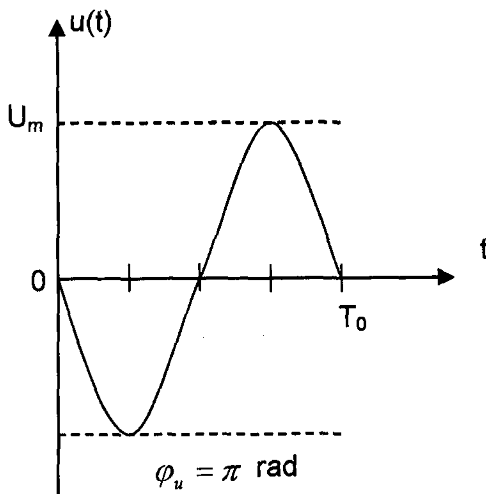
$E_T = \frac{1}{2}C\,U^2_{Cm}(\sin^2(\omega_0.t + \varphi_{u_C}) + \cos^2(\omega_0.t + \varphi_q)) = \frac{1}{2}C\,U^2_{Cm} = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C} = \frac{1}{2}LI_m{}^2 = Cte$.

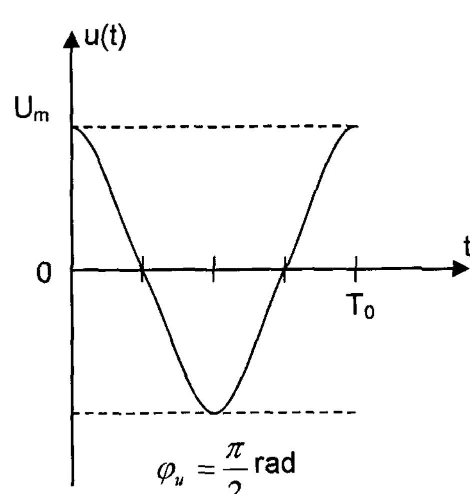
**3 ème méthode :**

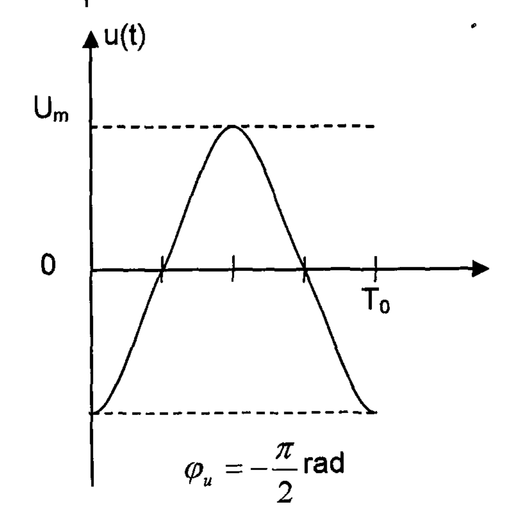
$E_T=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}L.\,i^2$ or $i^2 = -\omega_0^2 q^2 + \omega_0^2 Q_m^2$ donc $E_T=\frac{1}{2}\frac{Q_m{}^2}{C} = \frac{1}{2}L.\,I_m^2$.

* Pour toute grandeur oscillante u(t) et varie sinusoïdalement au cours du temps $u(t) = U_m \sin(\omega_0.t + \varphi_u)$.




* Expression de $E_e$ et $E_m$ en fonction du temps.

$E_e = \frac{1}{2}\frac{q(t)^2}{C}$ or $q(t) = Q_m.\sin(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors $E_e = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\sin^2(\omega_0.t + \varphi_q)$ or

$\sin^2(\omega_0.t + \varphi_q) = \frac{1-\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q)}{2}$ d'où $E_e = \frac{1}{4}\frac{Q_m^2}{C}(1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q))$ or $E_T = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}$ alors

$E_e = \frac{E_T}{2}(1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q))$.

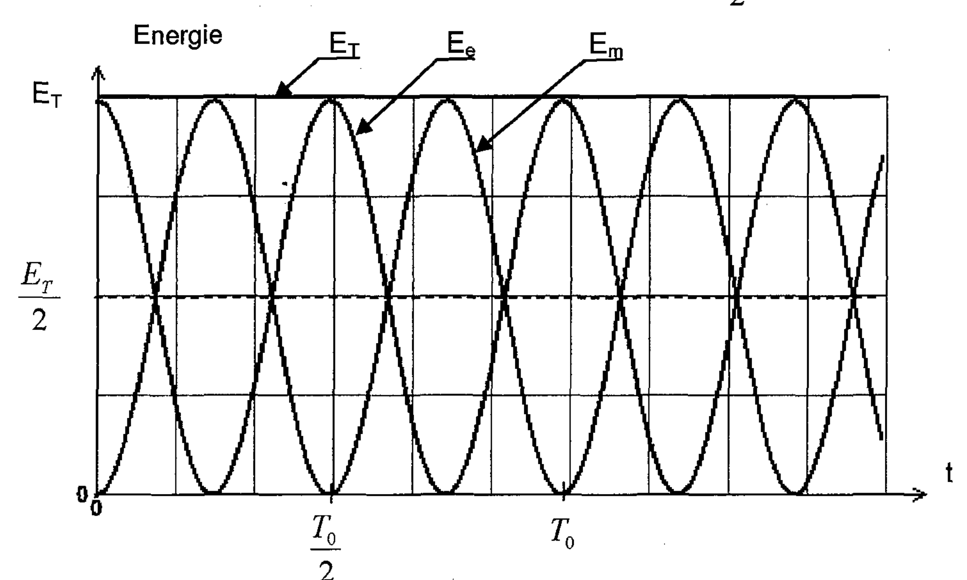
$E_m = \frac{1}{2} L\, i^2$ or $i(t) = Q_m w_0 \cos(\omega_0.t + \varphi_q)$ alors $E_m = \frac{1}{2} L.Q_m^2 w_0^2 \cos^2(w_0.t + \varphi_q)$ or

$\cos^2(\omega_0.t + \varphi_q) = \frac{1+\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q)}{2}$ et $L w_0^2 = \frac{1}{C}$ d'où $E_m = \frac{1}{4}\frac{Q_m^2}{C}(1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q))$ or $E_T = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}$

alors $E_m = \frac{E_T}{2}(1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q))$.

$E_e(t)$ et $E_m(t)$ sont deux fonctions périodiques de pulsation $\omega = 2\,\omega_0$ et de période $T = \frac{T_0}{2} = \pi\sqrt{LC}$.

* Représentation graphique de $E_e(t)$, $E_m(t)$ et $E_T$ lorsque $\varphi_q = \frac{\pi}{2}$ rad.




* Détermination des dates de l'intervalle $[0;T_0]$ aux quelles $E_e = E_m = \frac{E_T}{2}$ lorsque $\varphi_q = \frac{\pi}{2}$ rad.

$E_m = \frac{E_T}{2}(1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q)) = \frac{E_T}{2}$ alors $1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q) = 1$ alors $\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_q) = 0$ alors

$2\omega_0 t + 2\varphi_q = \frac{\pi}{2} + K\pi$ alors $\frac{4\pi}{T_0}t + \pi = \frac{\pi}{2} + K\pi$ alors $t = (-\frac{1}{2} + K)\frac{T_0}{4}$ or $0 \leq t \leq T_0$ d'où

$0 \leq (-\frac{1}{2} + K)\frac{T_0}{4} \leq T_0$ alors $0{,}5 \leq K \leq 4{,}5$

| K | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| t | $\frac{T_0}{8}$ | $\frac{3T_0}{8}$ | $\frac{5T_0}{8}$ | $\frac{7T_0}{8}$ |

* Représentation de $E_e$, $E_m$ et $E_T$ en fonction de q et $q^2$.

$E_e = \frac{1}{2}\frac{q(t)^2}{C}$.

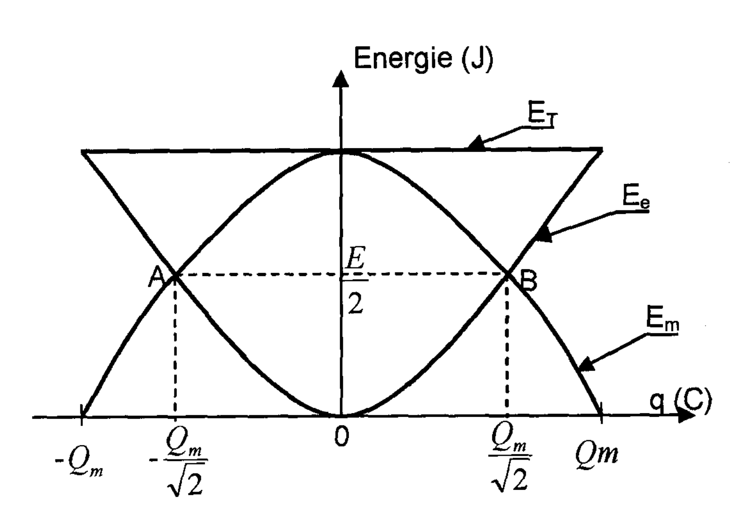
$E_e = f(q)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies positives.

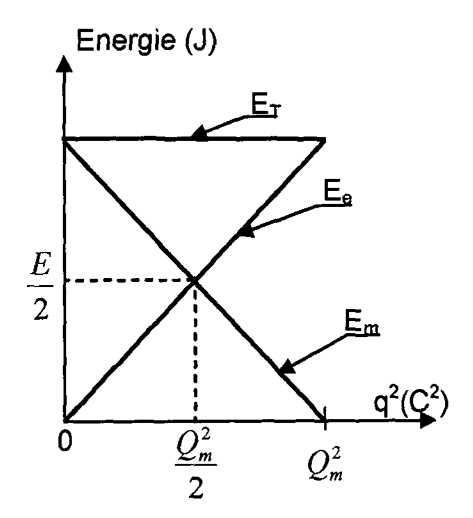
$E_e = g(q^2)$ est une droite linéaire de coefficient directeur égale à $\frac{1}{2C}$.

$E_m = \frac{1}{2}L\,i^2 = E_T - E_e = E_T - \frac{1}{2}\frac{q(t)^2}{C}$.

$E_m = f'(q)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies négatives.

$E_m = g'(q^2)$ est une droite affine de coefficient directeur égale à $-\frac{1}{2C}$.




Les abscisses des points A et B :

$E_e = E_m = \frac{E_T}{2}$ alors $\frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{4}\frac{Q_m^2}{C}$ car $E_T = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}$ d'où $q^2 = \frac{Q_m^2}{2}$ d'où $q = \pm \frac{Q_m}{\sqrt{2}}$.

* Représentation de $E_e$, $E_m$ et $E_T$ en fonction de i et $i^2$.

$E_m = \frac{1}{2} L i^2$.

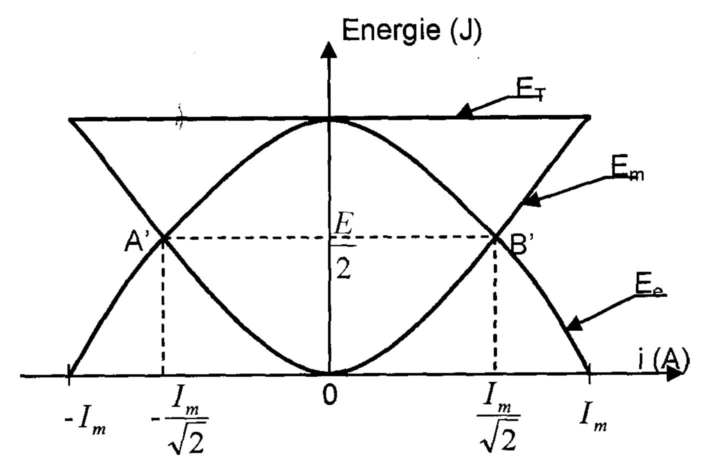
$E_m = f(i)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies positives.

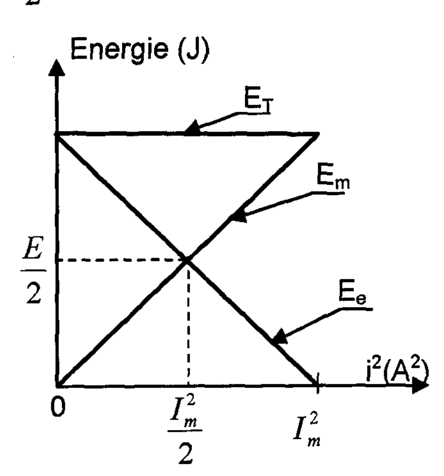
$E_m = g(i^2)$ est une droite linéaire de coefficient directeur égale à $\frac{1}{2}L$.

$E_e = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = E_T - E_m = E_T - \frac{1}{2} L i^2$.

$E_e = f'(i)$ est une branche parabolique de concavité orientée vers les énergies négatives.

$E_e = g'(i^2)$ est une droite affine de coefficient directeur égale à $-\frac{1}{2}L$.




* Les abscisses des points A' et B' :

$E_e = E_m = \frac{E_T}{2}$ alors $\frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{4} L I_m^2$ car $E_T = \frac{1}{2} L I_m^2$ d'où $i^2 = \frac{I_m^2}{2}$ d'où $i = \pm \frac{I_m}{\sqrt{2}}$.

## EXERCICES

### *Exercice N°1:*

On réalise le circuit de la figure -1-. Le condensateur de capacité **C= 15 $\mu$ F** est préalablement chargé à l'aide d'un générateur de tension de fem E.

On place le commutateur K en position (1) puis à **t=0s,** le condensateur se décharge (K en position2) à travers un circuit comportant une bobine d'inductance **L= 1 H** et de résistance r.

Un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur permet de suivre pendant la décharge l'évolution au cours du temps de la tension uc(t) aux bornes du condensateur. Figure -2-

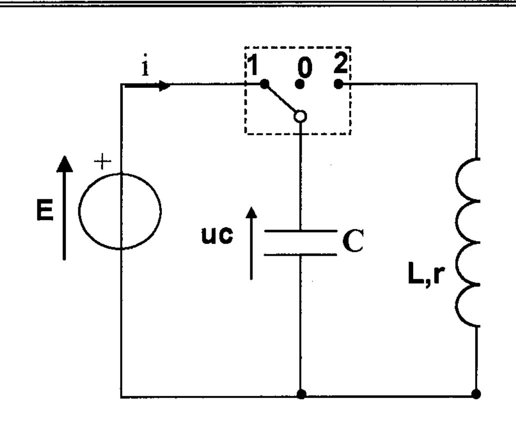
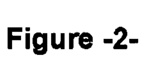



**Figure -1-**



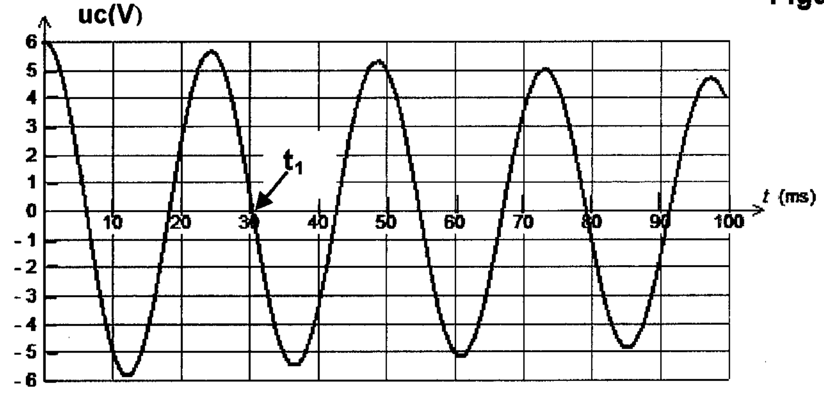



**Figure -2-**

**1°/**

**a-** Justifier la nature libre et amortie des oscillations électriques observées sur la figure -2-.

**b-** Montrer que l'équation différentielle des oscillations électriques vérifiée par $u_c$ (t) s'écrit sous la forme : $\frac{d^2uc(t)}{dt^2}+\frac{1}{\tau}\frac{duc(t)}{dt}+w_0{}^2uc(t)=0$. Identifier $\tau$ et $w_0{}^2$.

**2°/**

**a-** Donner l'expression de l'énergie totale E emmagasinée dans le circuit en fonction de $u_c$ , i et des grandeurs caractéristiques du circuit.

**b-** Montrer que cette énergie E diminue au cours du temps.

**3°/**

**a-** Donner l'expression de l'intensité du courant électrique i(t) en fonction de la capacité C et $u_C$ (t).

**b-** Déterminer l'intensité et le sens du courant électrique i à la date $t_1$ indiquée sur la figure -2-.

**c-** Déduire l'énergie totale emmagasinée dans le circuit à la date $t_1$.

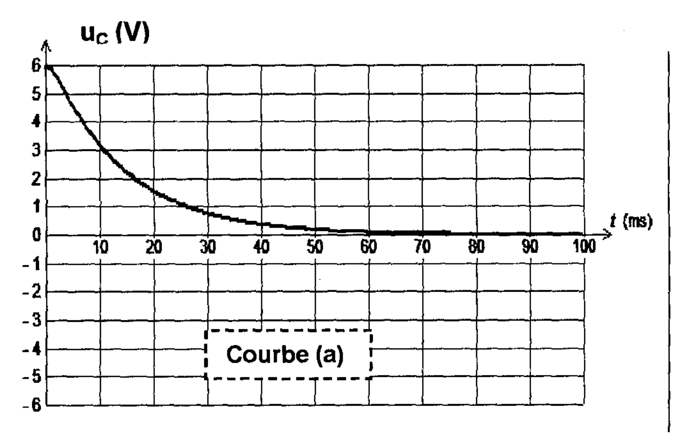
**d-** Calculer la variation de l'énergie totale E entre les dates $t_0$= 0s et $t_1$.

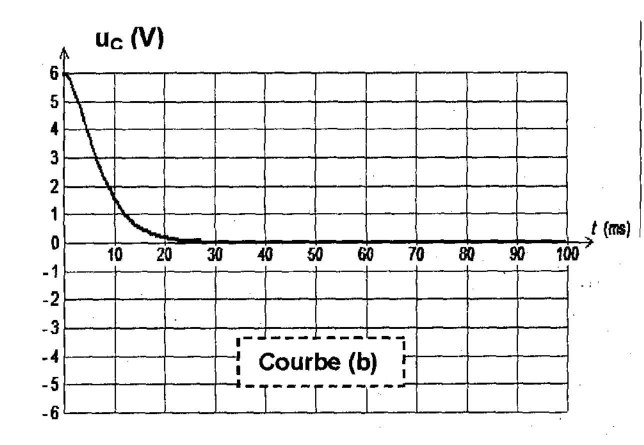
**4°/** On associe en série avec la bobine un résistor de résistance réglable.

Pour deux valeurs de la résistance $R_1$ et $R_2$ tel que **$R_1$= 2 $R_2$**, on obtient les deux courbes suivantes :

**a-** De quel régime s'agit-il ?

**b-** Associer à chacune des courbes la résistance correspondante.




## *Exercice N°2:*

On réalise le montage de la figure-1- :

Source de tension réglable

1 K 2

E

C

$u_C$

L,r

$u_R$

R

Figure-1-

Un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur permet de suivre pendant la décharge, d'une part l'évolution au cours du temps de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur et d'autre part celle de la tension $u_R$ aux bornes du résistor.

**On donne : L = 1H ; r = 10Ω ; C = 0,6 µF ; R= 10 Ω ; E = 9V**

**1°/** L'interrupteur K est placé en position (1) puis basculé en position (2). L'acquisition des données commence, à t = 0s, lorsqu'on bascule l'interrupteur K de la position (1) à la position (2). figure -2-

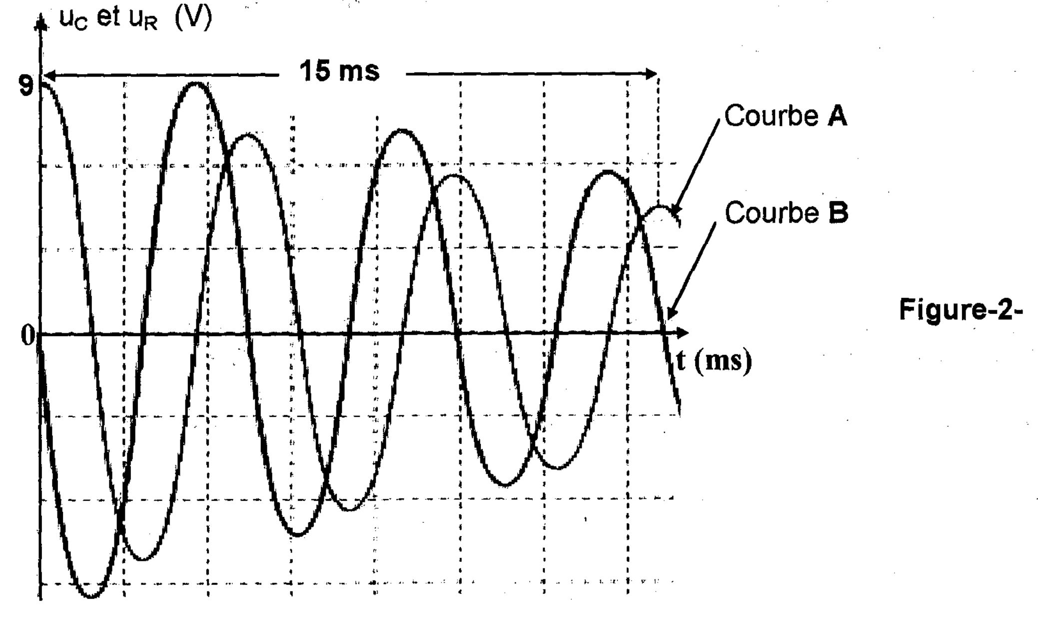



Figure-2-

**a-** Identifier, avec justification, les courbes A et B?
**b-** Expliquer pourquoi ces oscillations sont dites libres amorties.

**2°/**
**a-** Déterminer la pseudo-période T des oscillations.
**b-** Comparer la pseudo-période T à la période propre $T_0$ de l'oscillateur (LC).

**3°/** L'équation différentielle traduisant cet état électrique est : $L\frac{d^2q}{dt^2}+(R+r)\frac{dq}{dt}+\frac{q}{C}=0$.
**a-** Exprimer l'énergie totale E du circuit (R,r,L,C) en fonction de L, C, q et i.
**b-** Déduire que l'énergie E diminue au cours du temps.
**c-** Sous quelle forme cette énergie est-elle transformée?

**4°/** Dans l'intervalle $[T,\frac{5T}{4}]$, dire en le justifiant si le condensateur est en état de charge ou de décharge.
Déduire alors le sens du courant électrique dans le circuit.

**5°/** Calculer l'énergie électrique dissipée entre les instants de dates **t = 0s** et **t = 15ms**.

## ***Exercice N°3:***

Un condensateur de capacité **C = 2 µF** est chargé à l'aide d'une tension continue $U_0$ puis il est branché aux bornes d'une bobine de résistance négligeable et d'inductance L à la date **t = 0s.** On a alors à toute date **t ≥0s**, la charge électrique du condensateur est donnée par l'expression :

$$q(t) = 4{,}8.10^{-5} \sin (\pi\, 10^3\, t + \frac{\pi}{2}).(q \text{ en (C) et t en(s)}$$

**1°/** Calculer la période propre $T_0$ des oscillations de la charge q(t).
**2°/** Calculer la valeur de l'inductance L.
**3°/** Donner l'expression de l'intensité instantanée i(t).
**4°/** Représenter les graphes de q(t) et de i(t) entre les dates **t = 0s** et **t = 2T₀.**

**5°/** Quelle sont les transformations d'énergie qui ont lieu dans le circuit LC pour $0 \leq t \leq \frac{T_0}{2}$.

**6°/** Déterminer l'expression de $u_L$ aux bornes de la bobine en fonction du temps .

**7°/**
**a-** Etablir l'expression de l'énergie électrostatique Ec emmagasinée dans le condensateur et l'énergie magnétique $E_L$ emmagasinée dans la bobine en fonction du temps .
**b-** Représenter, en précisant l'échelle, les graphes de $E_C$ et de $E_L$ en fonction du temps pour $0 \leq t \leq T_0$.

## ***Exercice N°4:***

Les armatures d'un condensateur de capacité C, initialement chargé sous une tension électrique constante E, sont reliées à une bobine non résistif d'inductance L. Figure -1-

A l'instant de date $t_0$ pris comme origine des dates, on ferme l'interrupteur K, la tension électrique aux bornes du condensateur et $u_c$=E.
Un dispositif informatisé, non reperésenté, est lié au circuit et permet de représenter les courbes en dessous.

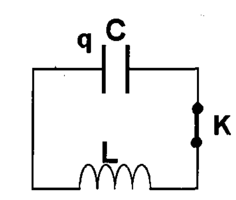


**Figure -1-**

Figure -2- : Courbe d'évolution de l'intensité du courant électrique i(t) qui circule dans le circuit.
Figure -3- : Courbe -a- et courbe -b- ; L'une représente l'évolution de l'énergie électrique $\xi(t)$

emmagasinée dans le circuit et l'autre représente soit l'évolution de l'enérgie magnétique $\xi_m(t)$ emmagasinée dans la bobine soit l'énergie électrostatique $\xi_e(t)$ emmagasinée dans la le condensateur.

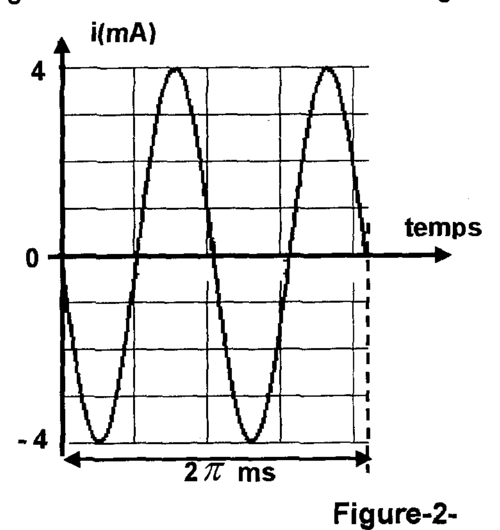



Figure-2-

Energie ($10^{-6}$J)
4
0
a
b
Temps (π .ms)
$T_1$

Figure-3-

**1°/**

**a-** Exprimer l'énergie électrique $\xi$ emmagasinée dans le circuit en fonction de q, i et des caractéristiques du circuit.

**b-** Dire, en le justifiant et sans faire de calcul, laquelle des deux courbes (a) et (b) de la Figure -3- qui représente $\xi(t)$.

**c-** Déduire l'équation différentielle vérifiée par la charge q.

**2°/**

**a-** Déterminer l'équation i(t) de la grandeur représentée par la Figure-2-.

**b-** En déduire l'expression de la charge q (t).

**3°/** En se basant sur les figures 2 et 3, déterminer la capacité **C** du condensateur, l'inductance **L** de la bobine et la tension E.

**4°/**

**a-** L'une des courbes (a) et (b) représente l'énergie $\xi(t)$. La quelle des énergies $\xi_m(t)$ ou $\xi_e(t)$ est représentée par l'autre courbe? Justifier.

**b-** Représenter sur la figure-3- la courbe correspondante à l'énergie manquante en précisant la valeur de $T_1$.

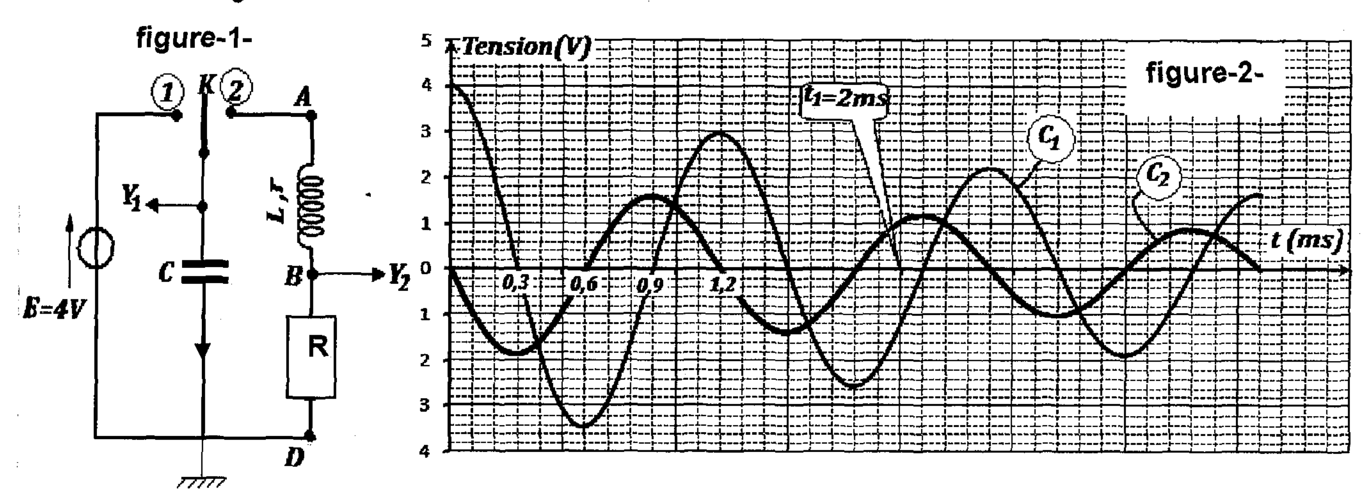
## *Exercice N°5:*

On réalise à l'aide d'une bobine (B) d'inductance L et de résistance r, un générateur (G) de f.e.m **E = 4V**, un résistor de résistance **R =1kΩ**, un condensateur de capacité **C=9.10$^{-8}$F** et un commutateur K, le circuit de la figure-1-.

***Partie* A :**

**1°/** Le commutateur est mis en position (1) , le condensateur se charge ainsi rapidement et l'énergie emmagasinée est noté $E_0$.
Expliquer la rapidité de la charge du condensateur et calculer la valeur de $\mathscr{E}_0$.

**2°/** A une date pris comme origine de temps **($t_0$=0s)**, on bascule le commutateur K en position (2). Les oscillogrammes donnant les variations de $u_c(t)$ et $u_R(t)$ en fonction du temps sont donnés par les courbes de la figure-2-.




**a-** Montrer que la courbe ($C_2$) correspond à $u_R(t)$.

**b-** Etablir l'équation différentielle en fonction de $u_c(t)$. .

**c-** Les oscillogrammes enregistrés montrent que le circuit est dans un état d'oscillations libres amortis. Expliquer les termes suivants :

- Etat d'oscillation.
- Oscillations libres.
- Oscillations amorties.

**d -** En supposant que la pseudo période, T, des oscillations du circuit est égale à la période propre, $T_o$, de l'oscillateur (LC).
Déterminer la valeur de la pseudo période T et déduire la valeur de l'inductance, L, de la bobine (B).

**3°/** On désigne par :
$\mathscr{E}_m$ : L'énergie magnétique emmagasinée par la bobine (B).
$\mathscr{E}_c$ : L'énergie électrique emmagasinée par le condensateur.

**a-** Montrer que le circuit oscillant ne conserve pas son énergie.

**b-** Calculer, à la date **($t_1$=2ms)**, les valeurs de $\mathscr{E}_m$ et $\mathscr{E}_c$ et en déduire la valeur de l'énergie électromagnétique $\mathscr{E}_1$ à la date $t_1$.

**c –** Déduire l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les dates $t_0$ et $t_1$.

**4°/** Si on remplace le résistor R par un autre résistor (R') de résistance très élevée jusqu'à la disparition des oscillations. Tracer l'allure de la courbe visualisée sur la voie $Y_1$.
De quel régime d'oscillation s'agit-il ?

**<u>Partie B :</u>**

Dans cette partie, on suppose que la bobine (B) est purement inductive et d'inductance **L= 0,4H**.
On réalise le circuit électrique de la figure-3- formé par la bobine (B), le condensateur de capacité **C=9. $10^{-8}$F** initialement déchargé, le résistor de résistance **R = 1kΩ**, le commutateur K et le générateur (G) de f.e.m **E = 4V**.

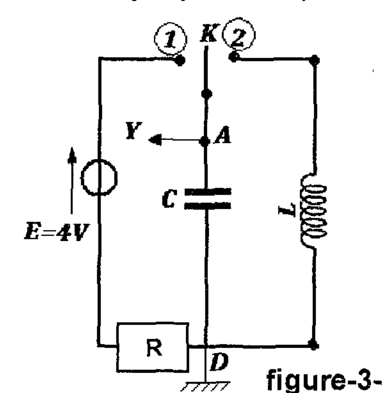


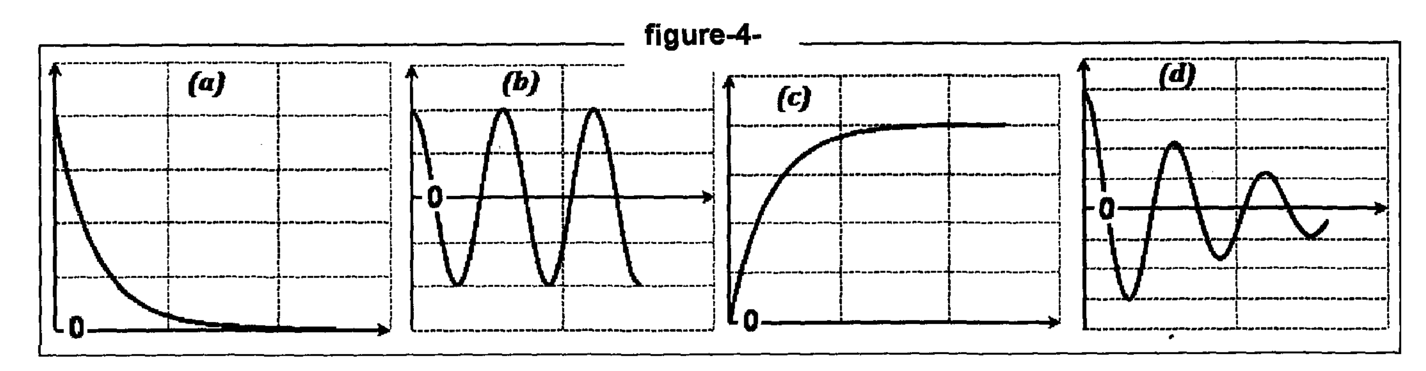
figure-3-

L'entée (Y) d'un oscilloscope à mémoire est branchée de façon à visualiser la tension, $u_c(t)$aux bornes du condensateur.

Le commutateur (K) est mis en position (1), l'une des courbes de la **figure -4-** apparaît sur l'écran de l'oscilloscope.

**1°/** Choisir, en le justifiant, laquelle de ces courbes apparaît sur l'écran de l'oscilloscope.

**figure-4-**




**2°/** A la date **(t=0)**, on bascule le commutateur K en position (2), l'une des courbes de la figure -4- apparaît sur l'écran de l'oscilloscope.

**a-** Choisir parmi ces courbes, celle qui apparaît sur l'écran.

**b-** En déduire la nature des oscillations obtenues.

**c-** L'équation différentielle qui décrit l'état du circuit est de la forme : $\frac{d^2u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC}.\ u_c = 0.$

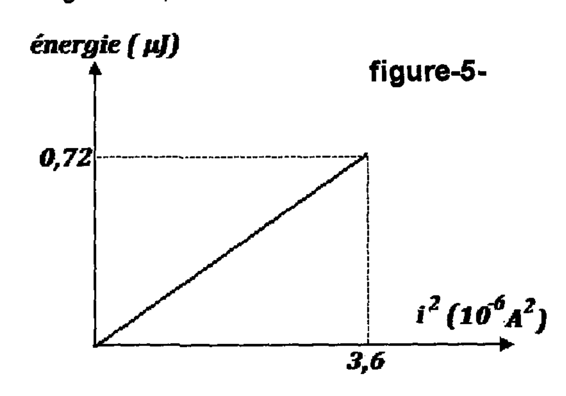
Vérifier que $\mathbf{u_c(t) = E . \sin(}\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}\mathbf{)}$ est une solution de cette équation différentielle.

**d-** En déduire que l'intensité de courant i(t) a pour expression $\mathbf{i(t) = - I_m . \sin(}\frac{t}{\sqrt{LC}}\mathbf{)}$.

Déterminer l'expression de $I_m$ et calculer sa valeur.

**3°/** Le tracé de la courbe donnant la variation de l'énergie magnétique $\mathscr{E}_m$ emmagasinée par la bobine en fonction du carré de l'intensité : $\mathscr{E}_m = f\ (i^2)$ est donnée par la figure -5- .

En s'aidant de la courbe de la figure -5-, retrouver la valeur de l'inductance, L, de la bobine (B).



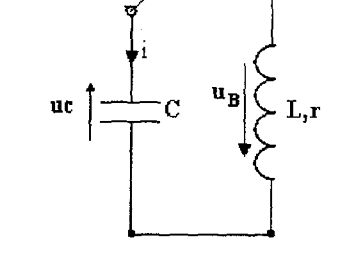
## CORRECTION

### *Exercice N°1:*

**1°/**

**a-** Les oscillations sont libres parce qu'elles s'effectuent sans intervention d'un générateur.
Les oscillations sont amorties car l'amplitude diminue au cours du temps.

**b-**




D'après la loi de maille $u_B + u_C = 0$

$L\frac{di}{dt} + ri + u_C = 0$

$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$

D'où $(LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + rC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0) \times \frac{1}{LC}$

$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{r}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0$ On pose: $\tau = \frac{L}{r}$ et $W_0^2 = \frac{1}{LC}$ On obtient, alors: $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{\tau}\frac{du_C}{dt} + W_0^2 u_C = 0$

**2°/a-** $\xi = \frac{1}{2}L.i^2 + \frac{1}{2}C.u_C^2$

**b-** $\frac{d\xi}{dt} = -r.i^2 < 0 \Rightarrow$ L'énergie totale $\xi$ diminue au cours du temps.

**3°/a-** $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$.

**b-** A la date $t_1$ la tension électrique $u_C$ est décroissante, donc $\frac{du_C}{dt} < 0$ or $C > 0$ alors $i<0$

par suite le courant électrique circule dans le sens inverse du sens arbitraire choisi.

$i(t = t_1) = C\frac{du_C}{dt}(t = t_1) = C.\alpha$

$\alpha$ : est le coefficient directeur de la tangente à la courbe $u_C(t)$ à la date $t_1$.

AN : $\alpha = -\frac{3+3}{4.10^{-3}} = -\frac{3}{2}.10^3\,V.s^{-1}$ d'où $i(t = t_1) = 15.10^{-6}.(-\frac{3}{2}.10^3) = -2{,}25.10^{-2}A$.

**c-** $\xi_{(t=t1)} = \frac{1}{2}L.i^2 + \frac{1}{2}C.u_C^2$

A la date $t_1$ on a : $u_C = 0$.
$i = -2{,}25.10^{-2}A$. AN : $\xi_{(t=t1)} = 2{,}5.10^{-4}$ J.

**d-** $\Delta\xi = \xi_{(t=t1)} - \xi_{(t=0)}$

A la date t=0 on a : i=0 ; $u_{C(t=0)} = 6V$.

$\xi_{(t=0)} = \frac{1}{2}C\,u_{C(t=0)}^2$ AN : $\xi_{(t=0)} = 2{,}7.10^{-4}J$.

AN : $\Delta\xi = 2{,}5.10^{-4} - 2{,}7.10^{-4}$ d'ou $\Delta\xi = -2.10^{-5}J$.

**4°/a-** Il s'agit d'un régime apériodique.

**b-** Courbe –a- ⟶ $R_1$
Courbe –b- ⟶ $R_2$

## Exercice N°2:

**1°/**

**a-** A t=0s, le condensateur initialement chargé et i= 0A d'où $u_C$= E= 9V et $u_R$ = 0 par suite la courbe A correspond à la tension $u_C(t)$ et la courbe B correspond à la tension $u_R(t)$.

**b-** Les oscillations sont libres en absence du générateur et amorties car l'amplitude de la tension $u_C(t)$ diminue au cours du temps.

**2°/**

**a-** $T = \frac{15}{3} = 5$ ms= $5.10^{-3}$ s.

**b-** $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ .AN : $T_0 = 2\pi\sqrt{1\times 0,6.10^{-6}} = 4,86.10^{-3}$ s $\approx$ T.

**3°/**

**a-** $\xi = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}L.\,i^2$.

**b-** $\frac{d\xi}{dt} = \frac{q}{c}\,i + L.\,i.\,\frac{di}{dt} = i.(\frac{q}{c} + L.\,\frac{di}{dt}) = i.(\frac{q}{c} + L.\,\frac{d^2q}{dt^2})$ or d'après l'équation différentielle on a :

$L.\,\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{c} = -(R + r)\,i$ par suite $\frac{d\xi}{dt} = -(R + r)\,i^2 < 0$ alors l'énergie totale $\xi$ diminue au cours du temps.

**c-** L'énergie perdue se transforme sous forme d'effet Joule.

**4°/** $t \in [T, \frac{T}{2}]$ on a $u_C$ diminue de E à 0 alors le condensateur est en état de décharge et d'après la courbe de la figure-2- $u_R < 0$ d'où $i < 0$ alors le courant électrique circule dans le sens contraire que celui du sens arbitraire positif choisi.

**5°/** $\xi_{Dissipée} = |\xi(t) - \xi(t_0)|$.

* $\xi(t) = \frac{1}{2}L.\,i^2 + \frac{1}{2}C.\,u_C^2$. Avec $u_C$= 4,36 V et $u_R$= 0V par suite i =0A alors $\xi(t) = \frac{1}{2}C.\,u_C^2$.

* $\xi(t_0) = \frac{1}{2}L.\,i_0^2 + \frac{1}{2}C.\,u_{C0}^2$. Avec $u_{C0}$= 9 V et $u_{R0}$= 0V par suite i =0A alors $\xi(t_0) = \frac{1}{2}C.\,u_{C0}^2$.

$\xi_{Dissipée} = |\xi(t) - \xi(t_0)| = |\frac{1}{2}C.\,u_C^2 - \frac{1}{2}C.\,u_{C0}^2| = \frac{1}{2}C\,|u_C^2 - u_{C0}^2|$

.AN : $\xi_{Dissipée} = \frac{1}{2}0,6.10^{-6}\,|4,36^2 - 9^2| = 1,86.10^{-5}$J.

***Exercice N°3:***

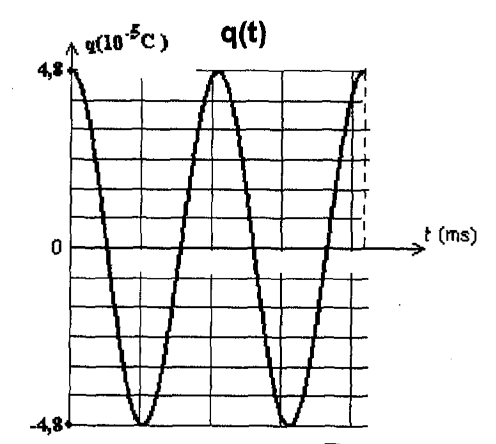
**1°/** $T_0 = \frac{2\pi}{W_0}, AN : T_0 = \frac{2\pi}{10^3\pi} = 2.10^{-3}s$.

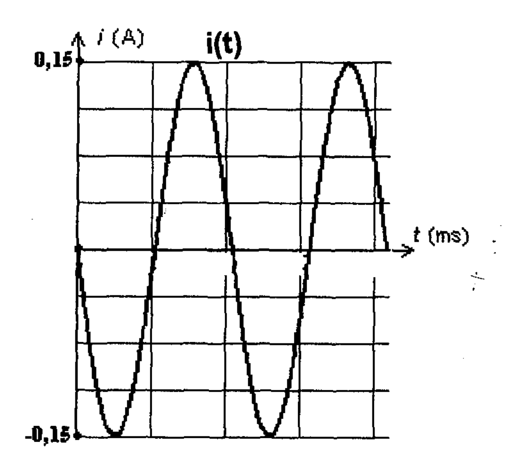
**2°/** $T_0 = 2\pi.\sqrt{LC} \Rightarrow L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$ AN : L=0,05H.

**3°/** $i(t) = \frac{dq}{dt} = I_m.\sin(W_0.t + \varphi_i)$. Avec : $I_m = Qm.W_0$ AN: $I_m = 0,15A$ et $\varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2} = \pi$ rad

d'ou $i(t) = 0,15 \sin(10^3\pi t + \pi)$ (A) et t(s).

**4°/**




**5°/***Dans l'intervalle de temps $[0, \frac{T_0}{4}]$ :

- la charge du condensateur varie de Qm à 0.
- L'intensité du courant électrique varie de 0 à –Im.

On dit qu'il ya décharge du condensateur et transformation totale de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur en énergie magnétique emmagasinée dans la bobine.

*Dans l'intervalle de temps $[\frac{T_0}{4}, \frac{T_0}{2}]$:

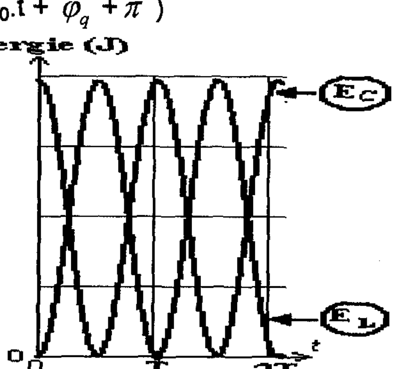
- la charge du condensateur varie de 0 à -Qm.
- L'intensité du courant électrique varie de –Im à 0.

On dit qu'il ya charge du condensateur avec inversion de polarité et transformation totale de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en énergie électrique emmagasinée dans le condensateur.

**6°/** D'après la loi de maille : $u_L(t) + u_C(t) = 0$

Alors $u_L(t) = - u_C(t) = - \frac{q(t)}{C} = -\frac{Q_m}{C} \sin(W_0.t + \varphi_q) = \frac{Q_m}{C} \sin(W_0.t + \varphi_q + \pi)$

D'où $u_L(t) = 24 \sin(10^3\pi t - \frac{\pi}{2})$ (V) et t(s).




**7°/**

**a-** $\xi_C = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{4} C u_{Cm}^2.[1 - \cos(2W_0.t + \pi)]$

**b -** $\xi_L = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{4} L I_m^2.[1 - \cos(2W_0.t)]$. $T = \frac{T_0}{2}$.

## Exercice N°4:

**1°/a-** $\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$.

**b-** La courbe (a) représente E(t) car elle est constante au cours du temps puisque le circuit ne renferme pas de résistance et que les oscillations s'effectuent sans intervention d'un générateur.

**c-** E=Constante alors $\frac{d\xi}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2\right) = i(L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C}) = 0$ sachant que $i \neq 0$ alors $L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = 0$

d'ou $L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$ : C'est l'équation différentielle.

**2°/**

**a-** i(t)= $I_m\sin(w_0 t + \varphi_i)$. Avec $I_m = 4.10^{-3}$A, $w_0 = \frac{2\pi}{T_0}; T_0 = \pi.10^{-3} s$ $w_0 = \frac{2\pi}{\pi.10^{-3}} = 2.10^3$ rad.s$^{-1}$

à t=0 ; i(t=0)= $I_m\sin(\varphi_i)=0$ et i(t) est décroissante alors $\frac{di}{dt} \prec 0$ d'où $\cos\varphi_i \prec 0$ par suite $\varphi_i = \pi rad$.

i(t)= $4.10^{-3}\sin(2.10^3 t + \pi)$ (A) et t(s).

**b-** $q(t) = \int i(t)dt = q_m \sin(w_0 t + \varphi_q)$ telque $q_m = \frac{I_m}{w_0} = \frac{4.10^{-3}}{2.10^3} = 2.10^{-6} C$ et $\varphi_q = \varphi_i - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} rad$.

$q(t) = 2.10^{-6}\sin(2.10^3 t + \frac{\pi}{2})$ (C) et t(s).

**3°/** $\xi = 4.10^{-6} J$.

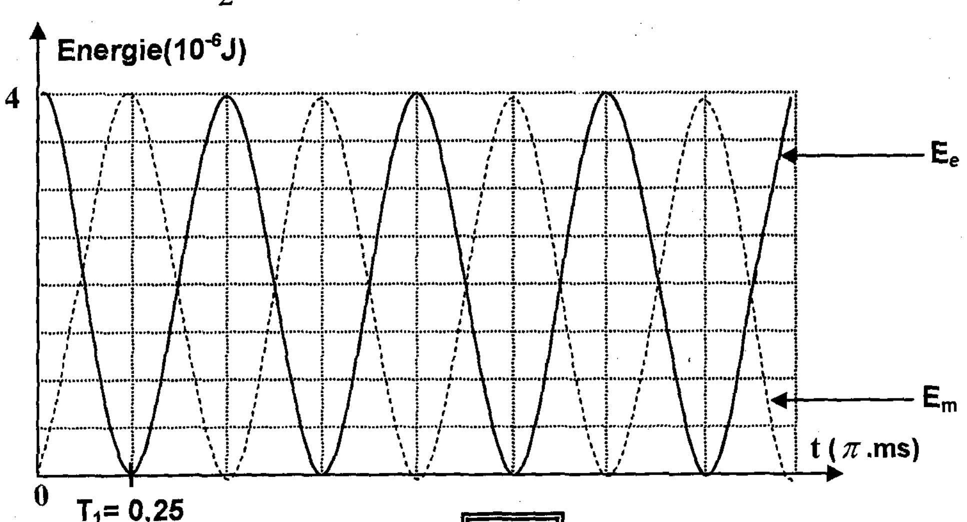
$\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$ pour i=0 on a q= $q = \pm q_m$ d'où $\xi = \frac{q_m^2}{2C}$ alors $C = \frac{q_m^2}{2\xi}$ AN : $C = \frac{4.10^{-12}}{2\times 4.10^{-6}} = 5.10^{-7} F$.

$w_0{}^2 = \frac{1}{LC}$ alors $L = \frac{1}{w_0{}^2 C}$. AN : $L = \frac{1}{5.10^{-7}\times 4.10^6} = 0,5H$.

**4°/**

**a-** A t=0 ; i=0 alors $\xi_m = \frac{1}{2}Li^2 = 0$ d'où $\xi_e = \xi - \xi_m = \xi$ par suite la courbe (b) représente $\xi_e(t)$.

**b-**



## Exercice N°5:

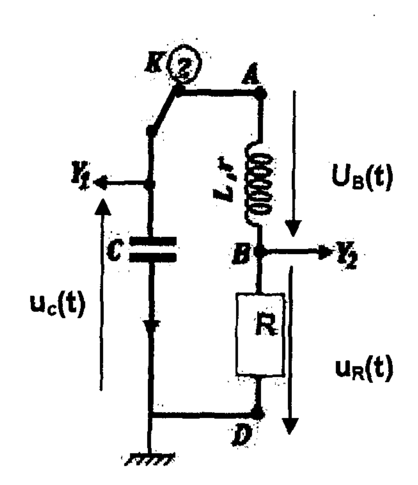
### Partie A :

**1°/** Le condensateur se charge rapidement à cause de l'absence d'une résistance dans le circuit.

$E_0=\frac{1}{2}C.E^2$. AN : $E_0=\frac{1}{2}\times 9.10^{-8}\times 4^2=7{,}2.10^{-7}J$

**2°/ a-** La courbe ($C_2$) représente $u_R(t)$ , car à t=0, on a $q= Q_{max}$ alors i=0.

**b-** D'aprés la loi de maille, on a :




$u_B(t)+u_R(t)+u_C(t)=0$

$L\frac{di}{dt}+(r+R)i+\frac{q}{c}=0.$ (1)

or: $i=\frac{dq}{dt}=\frac{d}{di}(C.u_c(t))=c.\frac{du_c(t)}{dt}.$

On trouve alors : $LC.\frac{d^2u_c(t)}{dt^2}+(r+R)\times C.\frac{du_c(t)}{dt}+u_c(t)=0.$

**c-** Etat d'oscillation : Les grandeurs qui caractérisent le circuit $(u_c(t),u_R(t)..)$ varie au cours du temps de part et d'autre de leur valeur nulle.

Oscillations libres : les oscillations s'effectuent sans interventions d'un générateur.

Oscillations amorties : l'amplitude des oscillations diminue progressivement au cours du temps.



**d-**

$Graphiquement : T=T_0=1{,}2.10^{-3}s$

$T_0^2=4\pi^2LC\Rightarrow L=\frac{T_0^2}{4\pi^2C}.$

$AN: L=\frac{(1{,}2.10^{-3})^2}{4\pi^2\times 9.10^{-8}}=0{,}4H.$

**3°/a-** $E = E_m + E_C$ alors : $E=\frac{1}{2}Li^2+\frac{1}{2c}q^2$

Or $\frac{d\varepsilon}{dt}=i(L\frac{di}{dt}+\frac{q}{C})$. d'après l'équation (1) : d'où $L\frac{di}{dt}+\frac{q}{C}=-(R+r).i$ alors $\frac{d\varepsilon}{dt}=-(R+r)i^2.$

$i\neq 0$ et $(R+r)\neq 0$ donc $\frac{d\varepsilon}{dt}\neq 0.$

Le circuit oscillant ne conserve pas son énergie.

**b-** à $t_1$=2ms , on a : $u_C$= -1,2 V et $u_R(t)$=1,05V alors $i=\frac{u_R}{R}=1{,}05.10^{-3}A.$

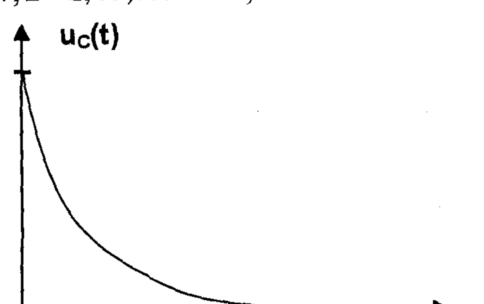
$\xi_C=\frac{1}{2}C.u_C^2$ . AN: $\xi_C=\frac{1}{2}.9.10^{-8}\times 1{,}2^2=6{,}48.10^{-8}J.$

$\xi_m=\frac{1}{2}.Li^2$ AN: $\xi_m=\frac{1}{2}\times 0{,}4\times(1{,}05.10^{-3})^2=2{,}2.10^{-7}J$ alors $\xi_1=\xi_c+\xi_m$. AN : $\xi_1$=2,85.$10^{-7}J$.

c- à t=0 , $E_0 = 7{,}2.10^{-7} J.$

$E_{Thérmique} = |E_1 - E_0|.AN : E_{Thérmique} = (7{,}2 - 2{,}85).10^{-7} = 4{,}35.10^{-7} J$

**4°/** Il s'agit d'un régime apériodique.




**Partie B :**

**1°/** courbe (C).

**2°/** k est sur la position 2.

**a-** courbe –b-.

**b-** les oscillations sont libres non amorties.

**c-**

$$\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} = E.\frac{d^2}{dt^2}\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}) = \frac{-E}{LC}.\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}).$$

*Alors*

$$\frac{d^2u_C(t)}{dt^2} + \frac{1}{LC}.u_C(t) = -\frac{E}{LC}\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}) + \frac{E}{LC}\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}) = 0$$

donc $u_C(t) = E\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2})$ est une solution de l'équation différentielle.

**d-** $q(t) = C.u_C(t) = C.E.\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2})$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{C.E}{\sqrt{LC}}.\cos(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \frac{\pi}{2}) = \frac{C.E}{LC}\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}} + \pi)$$

*donc*

$$i(t) = -E\sqrt{\frac{C}{L}}\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}}) = -I_m\sin(\frac{t}{\sqrt{LC}})$$

*avec*

$$I_m = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$AN : I_m = 4 \times \sqrt{\frac{9.10^{-8}}{0{,}4}} = 1{,}9.10^{-3} A.$$

**3°/** $\frac{1}{2} \times L =$ Coefficient directeur de la droite $E_m = f(i^2)$.

$$\frac{1}{2} \times L = \frac{0{,}72.10^{-6}}{3{,}6.10^{-6}} = 0{,}2.$$

$Alors, L = 0{,}4H.$



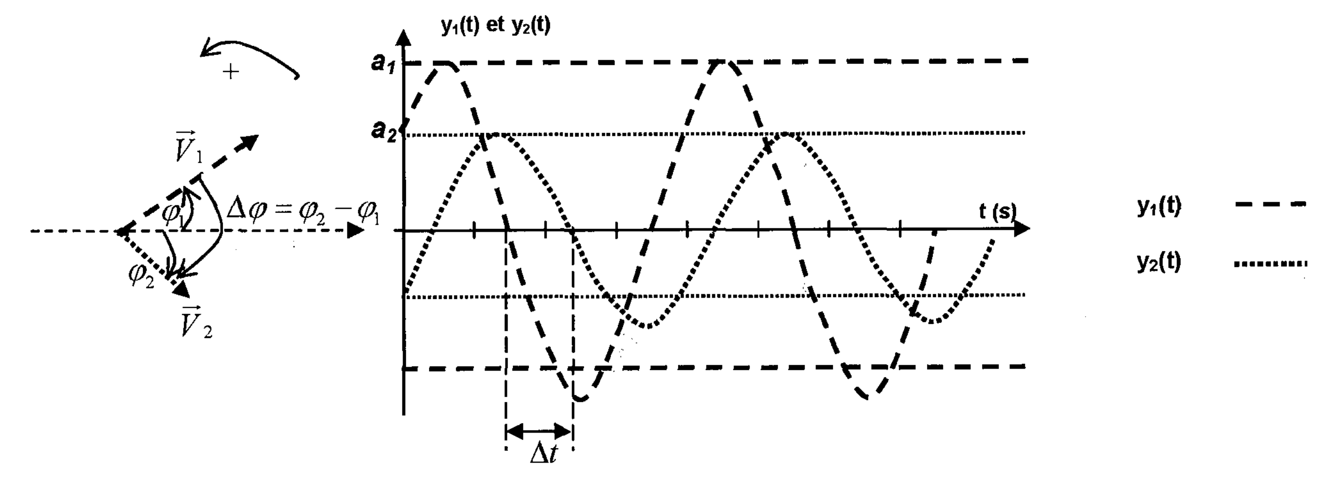
CHAPITRE - 4 -

# LES OSCILLATIONS ELECTRIQUES FORCEES EN REGIME SINUSOIDAL

## L'ESSENTIEL DU COURS

* A une fonction sinusoïdale $y(t) = y_m.\sin(\omega t + \varphi_y)$ on associe un vecteur de Fresnel $\vec{V}(a,\varphi)$ de module a = $y_m$ et d'angle polaire $\varphi = \varphi_y$ ; ($\varphi$ est l'angle entre l'axe origine des phases $\varphi = 0$ et le vecteur de Fresnel) et tournant dans le sens trigonométrique choisi conventionnellement comme sens positif.
Par convention le vecteur de Fresnel est représenté à l'origine des temps ($t_0$=0).
$y(t) = y_m.\sin(\omega t + \varphi_y) \leftrightarrow \vec{V}(y_m = a, \varphi = \varphi_y)$.
* Deux fonctions sinusoïdales $y_1(t)$ et $y_2(t)$ synchrones varient simultanément avec la même période T.
* Soient les fonctions sinusoïdales suivantes :
$y_1(t) = a_1.\sin(\omega t + \varphi_1) \leftrightarrow \vec{V}_1(a_1, \varphi_1)$ et $y_2(t) = a_2.\sin(\omega t + \varphi_2) \leftrightarrow \vec{V}_2(a_2, \varphi_2)$

* Le déphasage de $y_2(t)$ par rapport à $y_1(t)$ est $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$.
  - Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \succ 0$ : $y_2(t)$ est en avance de phase par rapport à $y_1(t)$.
  - Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \prec 0$ : $y_2(t)$ est en retard de phase par rapport à $y_1(t)$.
  - Si $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0$ : $y_2(t)$ et $y_1(t)$ sont en phase.



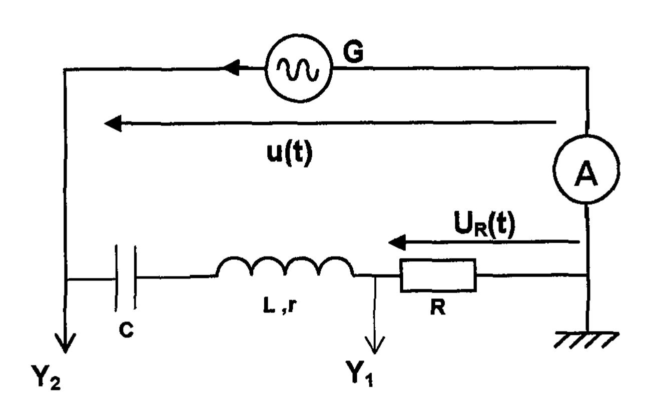

* A tout décalage horaire, $\Delta t$, entre deux fonctions sinusoïdales synchrones $y_1(t)$ et $y_2(t)$ représentées dans le même système d'axes est associé un déphasage $\Delta\varphi$ tel que $|\Delta\varphi| = \frac{2\pi}{T}\Delta t$ avec

$\Delta t = \frac{Nombre_{div/\Delta t}}{Nombre_{div/T}}.T \succ 0$, tel que : $0 \le \Delta t \le \frac{T}{2}$ et $-\pi \prec \Delta\varphi \le \pi$

* Circuit électrique permettant d'étudier les oscillations électriques en régime sinusoïdal forcé :

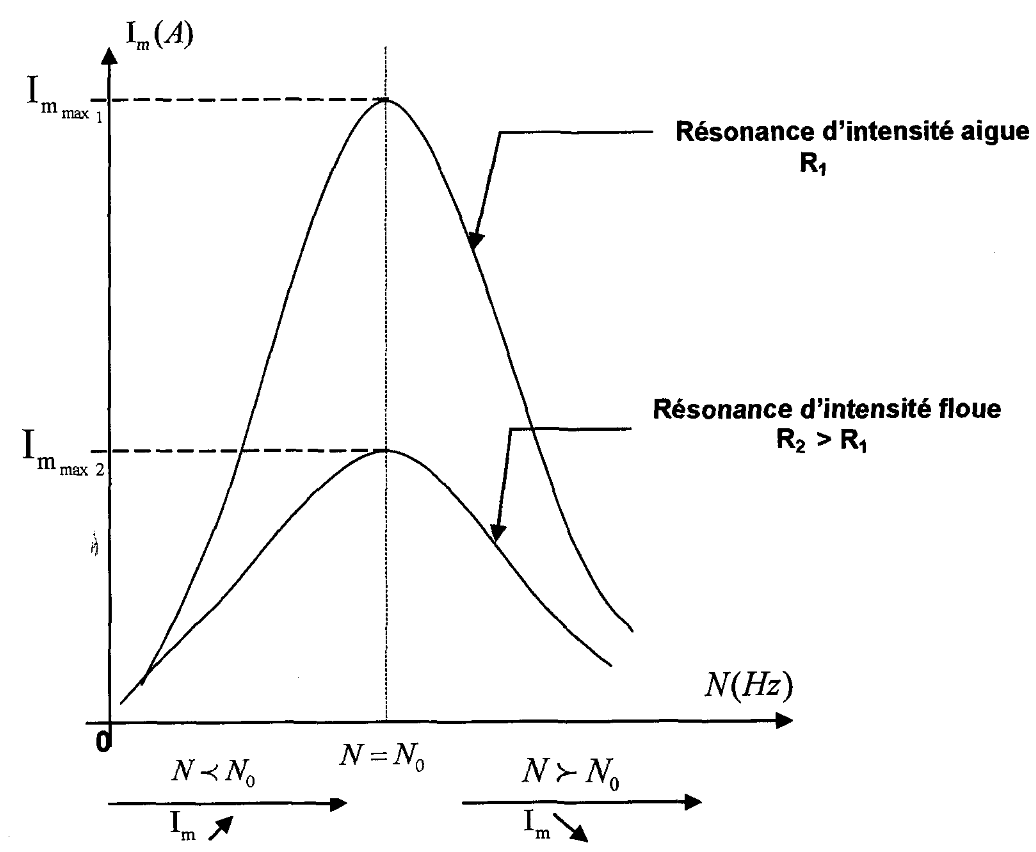
- Sur la voie $Y_1$ de l'oscilloscope, on visualise la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor qui renseigne sur l'évolution de l'intensité du courant i(t) car $u_R(t) = R.i(t)$ avec R est une constante positive d'où $u_R(t)$ et i(t) varient proportionnellement et en phase ($\varphi_{u_R} = \varphi_i$).

- Sur la voie $Y_2$ de l'oscilloscope, on visualise la tension u(t) aux bornes du générateur GBF.




* La réponse d'un dipôle RLC série à une tension sinusoïdale u(t) est l'établissement d'un courant électrique d'intensité i(t) variant sinusoïdalement au cours du temps avec la fréquence $N$ imposée par l'excitateur (GBF) tel que $i(t) = I_m.\sin(2\pi Nt + \varphi_i)$ avec $N \neq N_0$ et $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

* Influence de la fréquence N sur l'amplitude de l'intensité du courant i(t).

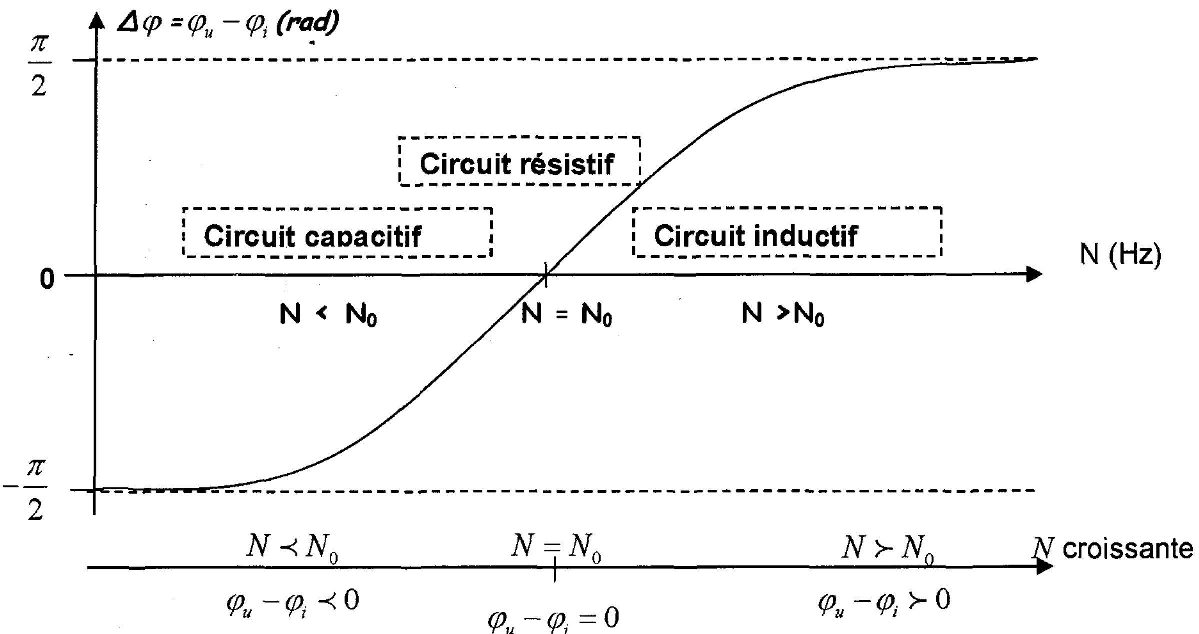



*Il s'agit d'un phénomène de résonance d'intensité* lorsque $I_m$ atteint une valeur maximale.

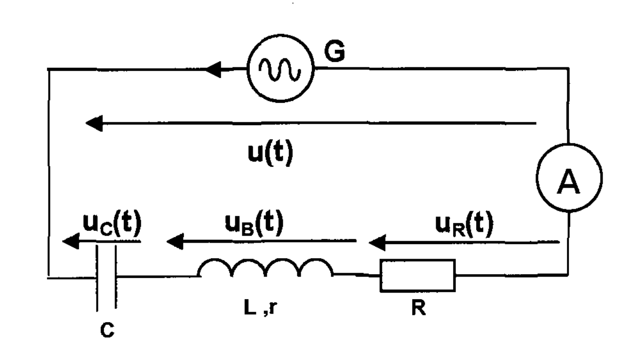
La résonance d'intensité est obtenue lorsque $N = N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ indépendante de la résistance totale du circuit.

- A la résonance d'intensité et lorsqu'on augmente la résistance totale du circuit $I_{m_{max}}$ diminue.
- La résonance d'intensité est dite aigue lorsque la résistance totale du circuit est relativement faible.
- Lorsque la résistance totale du circuit est relativement importante la résonance d'intensité est dite floue.

* Influence de la fréquence N sur le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ :




On note: $-\frac{\pi}{2} \prec \Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i \prec \frac{\pi}{2}$




* Equation différentielle vérifiée par i(t) :

D'après la loi des mailles :

$u_B(t) + u_R(t) + u_C(t) - u(t) = 0$

alors $u_B(t) + u_R(t) + u_C(t) = u(t)$

Avec $u_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C}\int i(t)dt$

$L\frac{di(t)}{dt} + r\,i(t) + R\,i(t) + \frac{q(t)}{C} = u(t)$ d'où

$L\frac{di(t)}{dt} + (R+r)\,i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt = u(t)$.

$L\frac{di}{dt} + (R+r)\,i(t) + \frac{1}{C}\int i\,dt = U_m \sin(wt + \varphi_u)$

Cette équation différentielle admet comme solution $i(t) = I_m.\sin(wt + \varphi_i)$.

* Expression de $I_m$ et du déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ :

$$L\frac{di}{dt} + (R+r)\,i(t) + \frac{1}{C}\int i\,dt = U_m \sin(2\pi N t + \varphi_u)$$

$$\downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow$$

$$\overrightarrow{V_2}\begin{pmatrix} Lw.\text{Im} \\ \varphi_i + \frac{\pi}{2} \end{pmatrix} + \overrightarrow{V_1}\begin{pmatrix} (R+r).\text{Im} \\ \varphi_i \end{pmatrix} + \overrightarrow{V_3}\begin{pmatrix} U_{C_m} = \frac{\text{Im}}{C.w} \\ \varphi_i - \frac{\pi}{2} \end{pmatrix} = \overrightarrow{V}\begin{pmatrix} U_m \\ \varphi u \end{pmatrix}$$

Les vecteurs $\vec{V_2}$ et $\vec{V_3}$ sont parallèles et de sens contraire et perpendiculaire à $\vec{V_1}$ donc la construction de Fresnel est basée sur la comparaison des modules des vecteurs $\vec{V_2}$ et $\vec{V_3}$, on distingue alors trois cas :

-1[èr] cas: $\omega \succ \omega_0$, $\omega_0$ étant la pulsation propre de l'oscillateur (L,C) et $\omega$ étant la pulsation du générateur.

$\omega^2 \succ \dfrac{1}{LC}$ alors $L\omega \succ \dfrac{1}{C\omega}$ d'où $L\omega I_m \succ \dfrac{I_m}{C\omega}$ et le circuit est inductif.

- Construction de Fresnel dans l'ordre des vecteurs : $0 \prec \varphi_u - \varphi_i \prec \dfrac{\pi}{2}$ (rad).

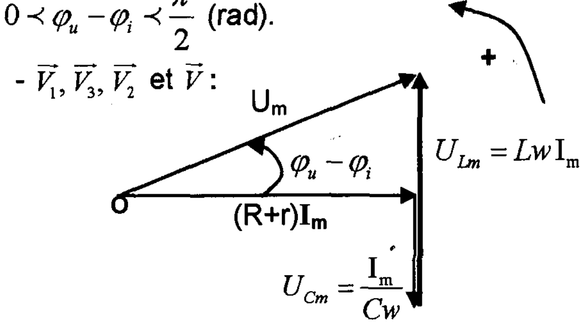
- $\vec{V_1}, \vec{V_2}, \vec{V_3}$ et $\vec{V}$ :

$U_{Cm} = \dfrac{I_m}{Cw}$ +

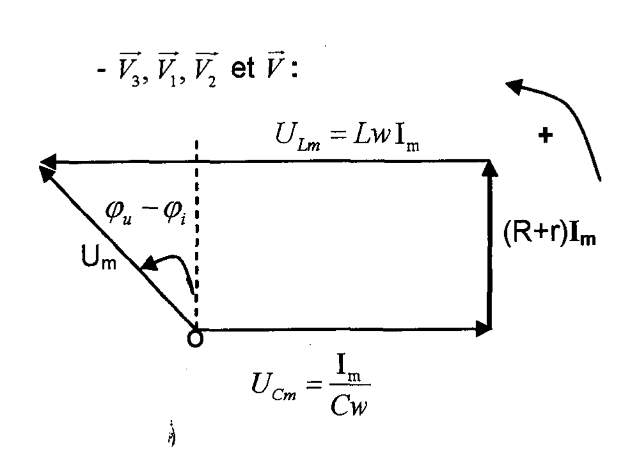
$U_m$ $\varphi_u - \varphi_i$ $U_{Lm} = LwI_m$

o (R+r)$I_m$

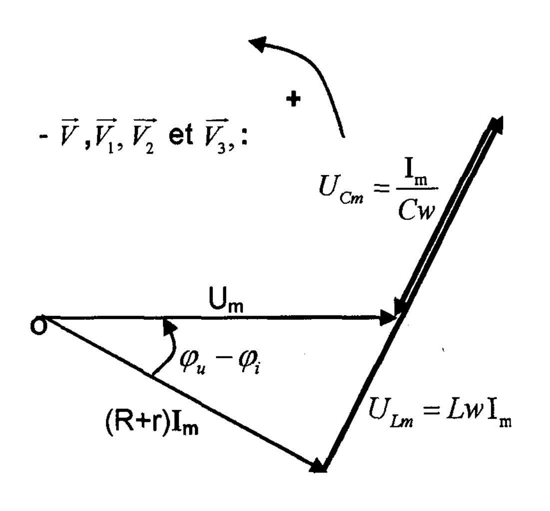
- $\vec{V_1}, \vec{V_3}, \vec{V_2}$ et $\vec{V}$ :




- $\vec{V_3}, \vec{V_1}, \vec{V_2}$ et $\vec{V}$ :




- $\vec{V}, \vec{V_1}, \vec{V_2}$ et $\vec{V_3}$ :




En appliquant le théorème de Pythagore : $$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{(R+r)^2 + (Lw - \frac{1}{Cw})^2}} \quad \textbf{(1)}$$

Avec $\sqrt{(R+r)^2 + (Lw - \frac{1}{cw})^2}$ = Z : Impédance électrique du circuit (RLC).

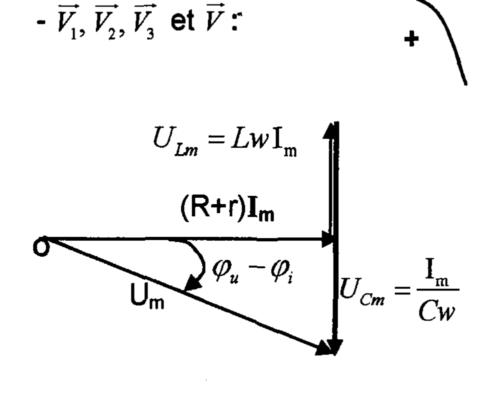
$$\cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{(R+r)I_m}{U_m}. \ \textbf{(2)} \quad \tan(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R+r}. \ \textbf{(3)} \quad \sin(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{L\omega I_m - \frac{I_m}{C\omega}}{U_m}. \ \textbf{(4)}$$

-2ème cas: $\omega \prec \omega_0 . -\frac{\pi}{2} \prec \varphi_u - \varphi_i \prec 0$ (Rad).

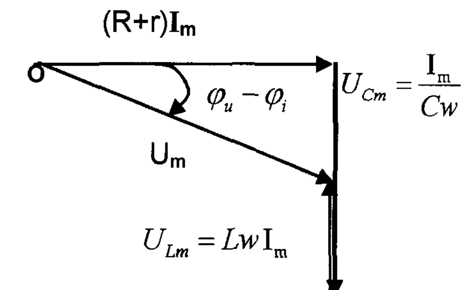
$\omega^2 \prec \frac{1}{LC}$ alors $L\omega \prec \frac{1}{C\omega}$ d'où $L\omega \mathrm{I_m} \prec \frac{\mathrm{I_m}}{C\omega}$ et le circuit est capacitif.

- Construction de Fresnel dans l'ordre des vecteurs :

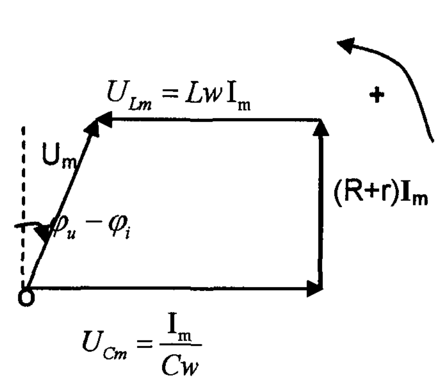
- $\vec{V_1}, \vec{V_2}, \vec{V_3}$ et $\vec{V}$ :



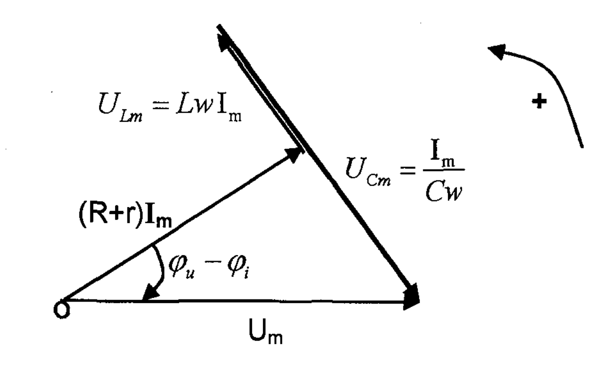

- $\vec{V_1}, \vec{V_3}, \vec{V_2}$ et $\vec{V}$ :




- $\vec{V_3}, \vec{V_1}, \vec{V_2}$ et $\vec{V}$ :




- $\vec{V}, \vec{V_1}, \vec{V_2}$ et $\vec{V_3}$, :




*** Remarques :**

Les expressions (1), (2), (3) et (4) restent valables dans le cas du circuit capacitif.

* 3ème cas : $\omega = \omega_0$ alors $LI_m\omega = \frac{I_m}{C\omega}$ d'où le circuit est en état de résonance d'intensité (circuit résistif)

- (R+r) $I_m$= $U_m$ alors $I_m = \frac{U_m}{(R+r)}$.
- $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$=0.

$U_{Cm} = \frac{I_m}{C\omega}$ $U_{L\,max} = L\, I_m\, \omega$

$U_m = U_{(R,r)\,max} = (R+r)\, I_m$

* Les impédances électriques :

- $Z=\frac{U_m}{I_m}=\frac{U}{I}=\sqrt{(R+r)^2+(L\omega-\frac{1}{C\omega})^2}$ $(\Omega)$.
- $Z_C=\frac{U_{Cm}}{I_m}=\frac{U_C}{I}=\frac{1}{C\omega}$ $(\Omega)$.
- $Z_L=\frac{U_{Lm}}{I_m}=\frac{U_L}{I}=L\omega$ $(\Omega)$.
- $Z_{Bobine}=\frac{U_{Bobine\,m}}{I_m}=\frac{U_{Bobine}}{I}=\sqrt{r^2+(L\omega)^2}$ $(\Omega)$.
- $Z_{(Bobine,C)}=Z_{AB}=\frac{U_{AB\,m}}{I_m}=\frac{U_{AB}}{I}=\sqrt{r^2+(L\omega-\frac{1}{C\omega})^2}$ $(\Omega)$.

* A la résonance d'intensité, on définie, Q, le coefficient de surtension comme étant le quotient de la tension efficace $U_c$ aux bornes du condensateur par la tension efficace U aux bornes du générateur.

- $Q=\frac{U_C}{U}=\frac{U_{Cm}}{U_m}$ (sans unité).
- A la résonance d'intensité on a : $L\omega_0=\frac{1}{C\omega_0}$ alors $Z_L=Z_C$ d'où $U_L=U_C$.

$$Q=\frac{U_L}{U}=\frac{U_{Lm}}{U_m}=\frac{L\omega_0}{R+r}=\frac{1}{C\omega_0(R+r)}=\frac{1}{R+r}\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{Z_L}{Z_{R+r}}=\frac{Z_C}{Z_{R+r}}.$$

- Si Q >1 alors il y a phénomène de surtension.
- Si Q < 1 alors pas de phénomène de surtension.

* **Remarque :**

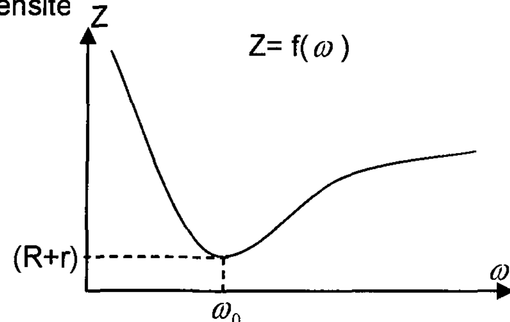
Si la résistance totale R+r du circuit augmente alors le coefficient de surtension Q diminue.

* La puissance électrique moyenne consommée par le résonateur RLC :

- $P_{moy}=\frac{U_mI_m}{2}\cos(\varphi_u-\varphi_i)=UI\cos(\varphi_u-\varphi_i)=(R+r)\frac{I_m^2}{2}=(R+r)I^2$.
- $\cos(\varphi_u-\varphi_i)$ : Facteur de puissance.
- $P_{moy}=\frac{E_{moy}}{\Delta t}$ ($E_{moy}$ → J ; $\Delta t$ → s ; $P_{moy}$ → W)   $E_{moy}$ : Energie électrique moyenne consommée par le résonateur RLC.

* A la résonance de puissance électrique on a $P_{moy}$ est maximale
  alors $P_{moy}=(R+r)\frac{I_m^2}{2}$ est max d'où la résonance d'intensité.

* Propriétés d'un circuit RLC série en état de résonance d'intensité




  - $I_m$, I, $U_{Rm}$ et $U_R$ sont maximales.
  - $\omega = \omega_0$ alors $N = N_0$.
  - $L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$ alors $Z_L = Z_C$ d'où $U_L = U_C$.
  - Z= $Z_{min}$ = $Z_{R+r}$ = R+r.
  - $U_m$ = (R+r) $I_m$ alors U = (R+r) I.
  - $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$.
  - $u_L(t) = - u_C(t)$, car $U_{Lm} = U_{Cm}$ et $\varphi_{u_L} = \varphi_C + \pi$
    alors $u_L(t) + u_C(t) = 0$ d'où le circuit RLC se comporte comme un dipôle LC.
  - L'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit est constante puisque $E_T = \frac{1}{2} C u_C^2 + \frac{1}{2} L i^2$

    alors $\frac{dE_T}{dt} = C.\, u_C.\frac{du_C}{dt} + L.\, i.\, \frac{di}{dt} = u_C.i + L.\, i.\, \frac{di}{dt} = i.(u_C + L.\, \frac{di}{dt})$ or $u_C + L.\, \frac{di}{dt} = -(R+r).i + u(t) = 0$

    d'où $\frac{dE}{dt} = 0$ alors l'énergie totale $E_T$ est constante au cours du temps.
  - $P_{moy} = \frac{U^2}{R+r}$.

* Par variation de la fréquence N du GBF, $\omega$, $I_m$, $U_{Rm}$, $U_{Cm}$, $U_{Lm}$, $Z_C$, $Z_L$, Z..etc varient alors que $U_m$ et $\varphi_u$ restent constantes.

* Identification des courbes.

  - $u_R(t)$ et u(t) :

    $U_{Rm} = Z_R I_m = R I_m$ et $U_m = Z I_m = \sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}\, I_m$ or $Z > Z_R$ donc $U_m > U_{Rm}$ lorsque $r \neq 0$

    d'où la courbe ayant l'amplitude la plus grande représente u(t).

    **N.B** : A la résonance d'intensité et lorsque r=0 (bobine purement inductive), on obtient $U_m = U_{Rm}$.
  - $u_D(t)$ et u(t), avec D est un dipôle formé par une bobine (L,r) et un condensateur

    $U_{Dm} = Z_D I_m = \sqrt{r^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}\, I_m$ et $U_m = Z I_m = \sqrt{(R+r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}\, I_m$ or $Z > Z_D$ alors

    $U_m > U_{Dm}$ d'où la courbe ayant l'amplitude la plus grande représente u(t).

    **N.B** : A la résonance d'intensité, on obtient u(t) = (R+r) i(t) et $u_D(t)$ = r i(t) car $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$ donc

    $u_D(t)$ et u(t) sont en phase ($\varphi_D = \varphi_u$) puisque u(t) et $u_D(t)$ sont en phase avec i(t).

- $u_C(t)$ et $u(t)$ :

On a : $-\frac{\pi}{2} < \varphi_u - \varphi_i < \frac{\pi}{2}$ puisque $\cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{R+r}{Z} > 0$ or $i(t) = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt}$ puisque $q = C\,u_C$

et $C > 0$ d'où $\varphi_i = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ alors $-\frac{\pi}{2} < \varphi_u - \varphi_{u_C} - \frac{\pi}{2} < \frac{\pi}{2}$ alors $0 < \varphi_u - \varphi_{u_C} < \pi$ d'où u(t) est toujours en avance de phase par rapport à $u_C(t)$.

**N.B** : A la résonance d'intensité on a $\varphi_u - \varphi_i = 0$ alors $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{2}$ d'où u(t) est en quadrature avance de phase par rapport à $u_C(t)$.

- $u_L(t)$ et $u(t)$ :

On a : $-\frac{\pi}{2} < \varphi_u - \varphi_i < \frac{\pi}{2}$ puisque $\cos(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{R+r}{Z} > 0$ or $u_L(t) = L\frac{di}{dt}$ puisque $L > 0$ d'où

$\varphi_i = \varphi_{u_L} - \frac{\pi}{2}$ alors $-\frac{\pi}{2} < \varphi_u - \varphi_{u_L} + \frac{\pi}{2} < \frac{\pi}{2}$ alors $-\pi < \varphi_u - \varphi_{u_L} < 0$ d'où u(t) est toujours en retard de phase par rapport à $u_L(t)$.

**N.B** : A la résonance d'intensité on a $\varphi_u - \varphi_i = 0$ alors $\varphi_u - \varphi_{u_L} = -\frac{\pi}{2}$ d'où u(t) est en quadrature retard de phase par rapport à $u_L(t)$.

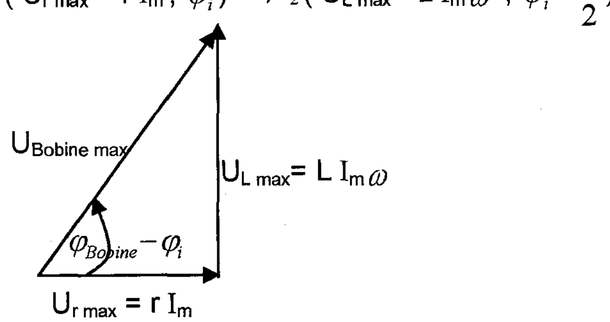
- $u_{Bobine}(t)$ et $u(t)$ :

$u_{Bobine}(t) = L\frac{di}{dt} + ri$ alors $\vec{V}(U_{Bobine\,max}\,;\,\varphi_{Bobine}) = \vec{V}_1(U_{r\,max} = r\,I_m\,;\,\varphi_i) + \vec{V}_2(U_{L\,max} = L\,I_m\omega\,;\,\varphi_i + \frac{\pi}{2})$

D'après la construction de Fresnel on a :

$\cos(\varphi_{u\,Bobine} - \varphi_i) > 0$ et $\sin(\varphi_{u\,Bobine} - \varphi_i) > 0$

alors $0 < \varphi_{u\,Bobine} - \varphi_i < \frac{\pi}{2}$ et puisque




$\mathrm{tg}(\varphi_{u\,Bobine} - \varphi_i) = \frac{L\omega}{r}$ et $\mathrm{tg}(\varphi_u - \varphi_i) = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R+r}$

On a : $\frac{L\omega}{r} > \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R+r}$ d'où $\mathrm{tg}(\varphi_{u\,Bobine} - \varphi_i) > \mathrm{tg}(\varphi_u - \varphi_i)$ puisque pour tout angle $\alpha \in \left]-\frac{\pi}{2};\frac{\pi}{2}\right[$ $\mathrm{tg}\,\alpha$ augmente lorsque $\alpha$ augmente.

$\varphi_{uBobine} - \varphi_i > \varphi_u - \varphi_i$ d'où $\varphi_{Bobine} - \varphi_u > 0$ alors $u_{Bobine}(t)$ est toujours en avance de phase par rapport u(t).

* **Remarque :** $Z \neq Z_L + Z_C + Z_R + Z_r$ mais à la résonance d'intensité $Z = Z_R + Z_r$.

## EXERCICES

### *Exercice N°1:*

Le circuit électrique de la figure -1- comporte les éléments suivants :

* Un générateur basses fréquences (G.B.F) délivrant une tension sinusoïdale u(t)= Um sin (wt) avec $U_m$ est constante et w réglable.
* Un condensateur de capacité **C= 2,9 µF**.
* Un résistor de résistance R.
* Une bobine d'inductance L et de résistance propre négligeable.
* Un voltmètre de très grande résistance branché aux bornes du dipôle (bobine, condensateur).

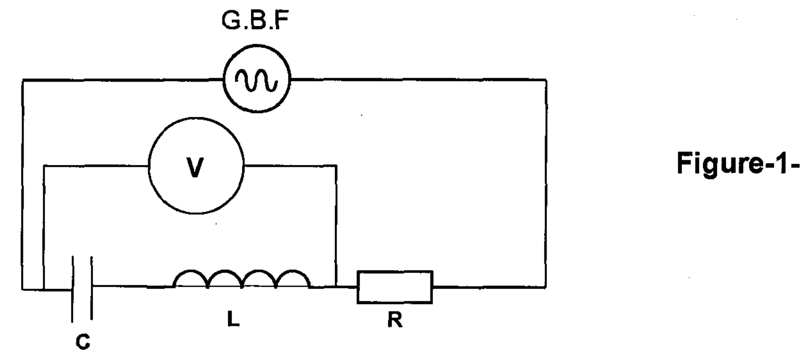


**Figure-1-**

**I-/** Pour une pulsation **$w = w_1 = 2.10^3$ rad.s$^{-1}$**, un oscilloscope bi-courbe convenablement branché, permet de visualiser la tension u(t) sur la voie $Y_1$ et une tension $u_D(t)$ sur la voie $Y_2$ ($u_D(t)$ peut être soit $u_R(t)$ soit $u_C(t)$). Figure - 2-

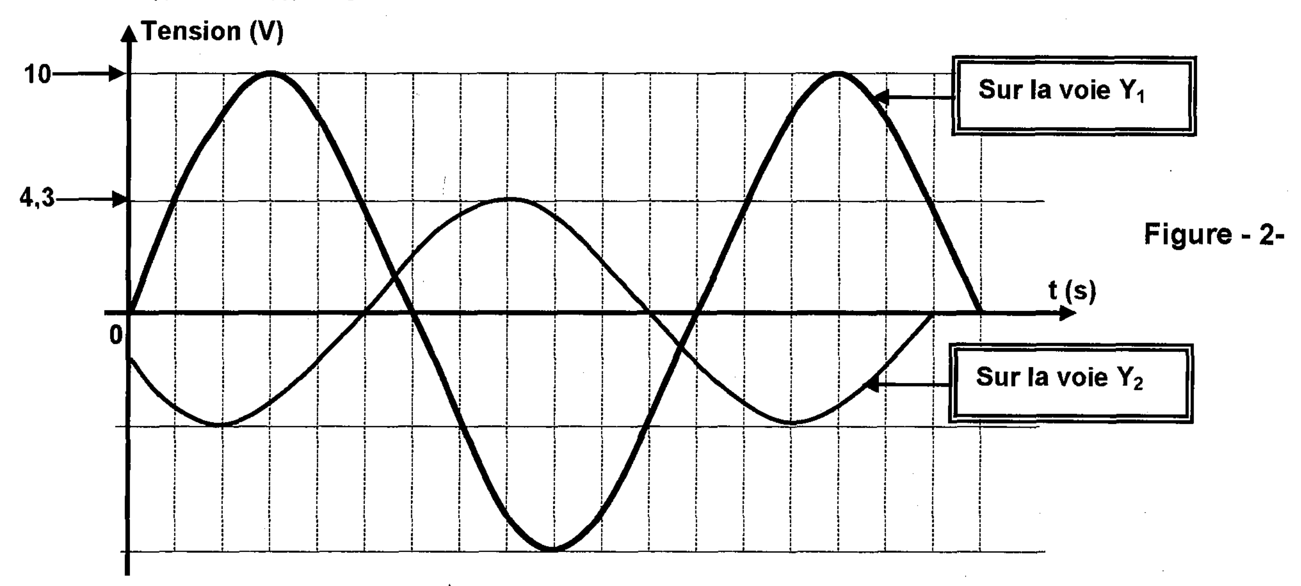


**Figure - 2-**

**1°/** Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_D}$.

**2°/**

**a-** Montrer que la tension électrique $u_D(t)$ ne peut pas être la tension électrique $u_R(t)$ aux bornes du résistor. Reproduire sur la figure -3- les branchements du circuit avec l'oscilloscope.

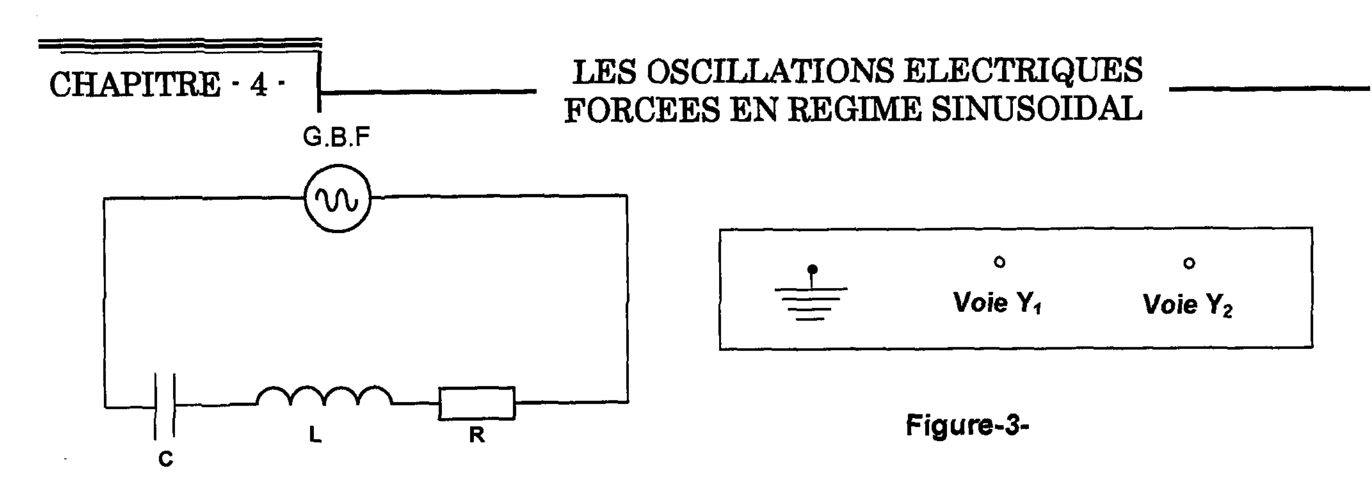


Figure-3-

**b-** Déduire le déphasage $\Delta\varphi' = \varphi_u - \varphi_i$ et montrer que le circuit étudié est inductif.

**c-** Faire la construction de Fresnel relative aux tensions maximales à l'échelle de : **1V est représenté par 1cm**.

+

O

$\varphi = 0$

**d-** Déduire l'inductance L de la bobine et la résistance R du résistor.

**II-/** On modifie la pulsation w du G.B.F. Pour une pulsation w $=w_2$ le voltmètre indique une tension nulle. On prendra dans cette partie **L = 0,25H** et **R=200Ω**.

**1°/** Montrer que l'oscillateur est en état de résonance d'intensité.

**2°/**

**a-** Quelle particularité présente les deux courbes de la figure -2-? Expliquer.

**b-** Déterminer dans ce cas la tension aux bornes du condensateur, $u_c$, en fonction du temps.

**3°/ a-** Définir puis calculer le coefficient Q de surtension.

**b-** Préciser s'il y a surtension ou non aux bornes du condensateur

## *Exercice N°2:*

Le circuit de la **figure-1-** est constitué par un conducteur ohmique de résistance **R=75Ω**, d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r, d'un condensateur de capacité C où on a branché à ses bornes un voltmètre et d'un milliampèremètre.

(L,r)
K
$Y_1$
V
C
GBF
mA
R
$Y_2$

Figure-1-

Ce circuit est alimenté par un générateur GBF délivrant une tension électrique alternative sinusoïdale : u**(t)=U$_m$sin (2$\pi$ Nt)**. L'amplitude $U_m$ est constante et la fréquence N est réglable.

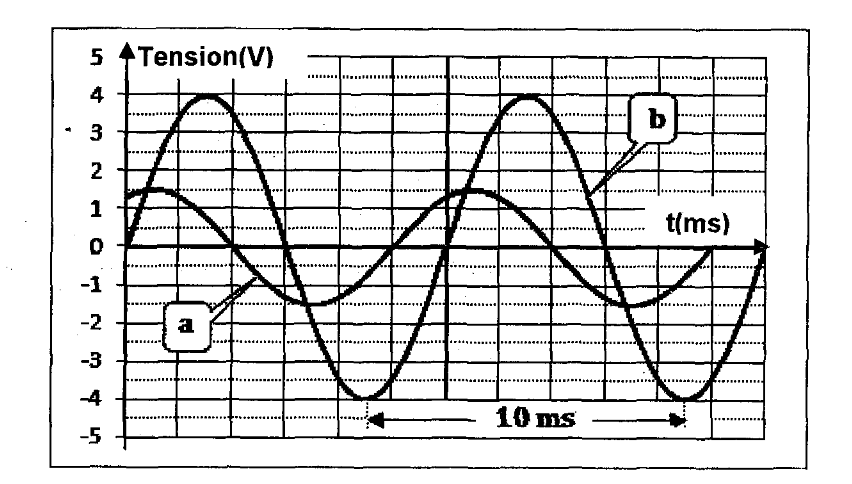
Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, un courant électrique d'intensité **i(t)= I$_m$sin (2$\pi$ Nt + $\varphi_i$** ) circule à travers ce circuit.

Un oscilloscope bi courbe connecté avec ce circuit permet de visualiser simultanément les tensions électriques u(t) et $u_R$(t) respectivement aux bornes du générateur et du conducteur ohmique.

**1°/** Etablir l'équation différentielle vérifiée par i(t).

**2°/** Pour une fréquence **$N=N_1$** , le voltmètre indique une tension efficace **$U_{C1}$ =4,25** V et sur l'écran de l'oscilloscope on observe les deux courbes (a) et (b) de la **figure-2-**

**Figure-2-**




**a-** Montrer que la courbe (a) représente $u_R(t)$. En déduire la valeur de l'intensité maximale $I_m$.

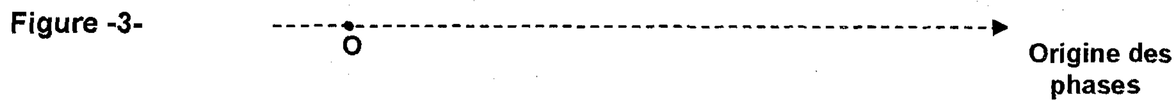
**b-** Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ . Préciser en le justifiant s'il s'agit d'un circuit inductif, résistif ou capacitif.

**c-** Déterminer la valeur de la fréquence $N_1$ et écrire l'expression de l'intensité du courant i(t).

**3°/**

**a-** Sur la **figure -3-** , faire la construction de Fresnel relative à cet état d'oscillation du circuit en utilisant l'échelle suivant :**1V → 2cm**.

**Figure -3-**




**b-** En déduire les valeurs de **r** , **L** et **C**.

**4°/** En faisant varier la fréquence N du générateur, on constate que pour une fréquence **$N=N_o$** l'intensité du courant passe par un maximum $I_{mo}$ et que le voltmètre indique une tension efficace $U_{Co}$.

**a-** De quel phénomène s'agit-il ?

**b-** Déterminer les valeurs de $I_{mo}$ et $N_o$.

**c-** En déduire l'indication du voltmètre $U_{Co}$.

## *Exercice N°3:*

Le circuit électrique de la figure-1- comporte en série :
Un résistor de résistance **R = 80Ω**.
Une bobine d'inductance L et de résistance r.
Un condensateur de capacité **C = 16µF**.
Un ampèremètre de résistance négligeable.
Un générateur G de basse fréquence impose aux bornes de l'ensemble une tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt + \varphi_u)$ de, un oscilloscope bicourbe à deux entrées $Y_1$ et $Y_2$

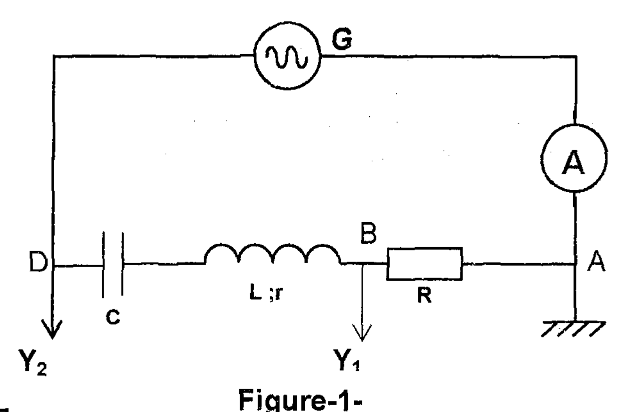



**Figure-1-**

fréquence N réglable et d'amplitude $U_m$ constante.
Lorsqu'on ajuste la fréquence N à la valeur **$N_1$=50Hz**
permet de visualiser les oscillogrammes de la figure -2-.

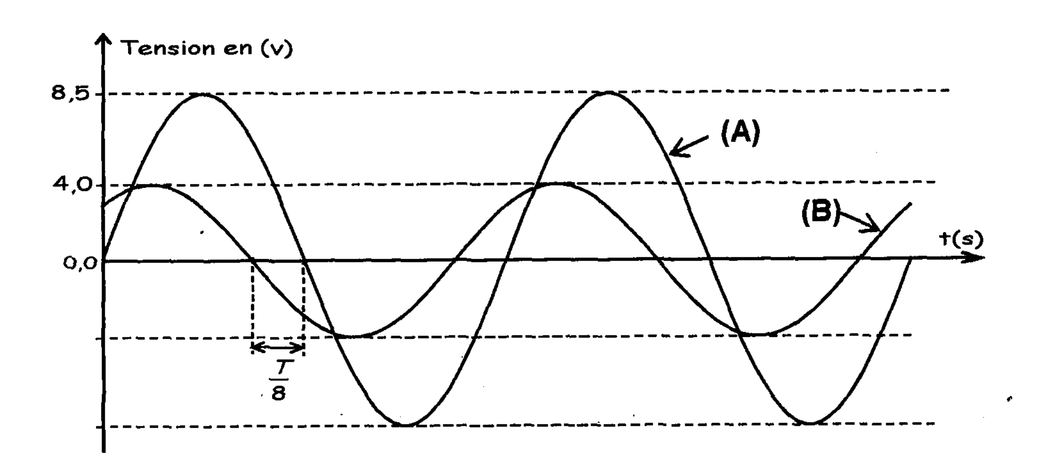



**Figure-2-**

**1°/** En utilisant les oscillogrammes de la figure-2- :

**a-** Montrer que l'oscillogramme (A) correspond à la tension u(t).

**b-** Quelle grandeur électrique, autre que la tension, peut être déterminée à partir de l'oscillogramme (B)?

**c-** Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ de la tension u(t) par rapport à i(t).
Déduire si le circuit est inductif, capacitif ou résistif.

**d-** Préciser les valeurs $U_m$ , $U_{Rm}$ et $I_m$ . Calculer $U_{Cm}$.

**2°/** L'équation différentielle reliant i(t), sa dérivée première $\frac{di}{dt}$ et sa primitive $\int i dt$ est :

$$L\frac{di}{dt} + (R+r)\,i(t) + \frac{1}{C}\int i\,dt = U_m \sin(2\pi N t + \varphi_u)$$

Cette équation différentielle admet comme solution $i(t) = I_m \sin(2\pi Nt + \varphi_i)$

**a-** Compléter la construction de Fresnel sur laquelle est représentée le vecteur qui correspond à la fonction sinusoïdale $\frac{1}{C}\int i\,dt$ :

Echelle : **1cm** pour **1V.**

**b-** Déduire les valeurs de L et r.

**3°/** Lorsqu'on ajuste la fréquence N du générateur à la valeur $N_2$ différente de $N_1$, on constate que :**$U_{BA}$ =2.$U_{DB}$**.

**a-** Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité.

**b-** Déterminer l'expression de l'intensité du courant i(t).

$U_{Cm}$

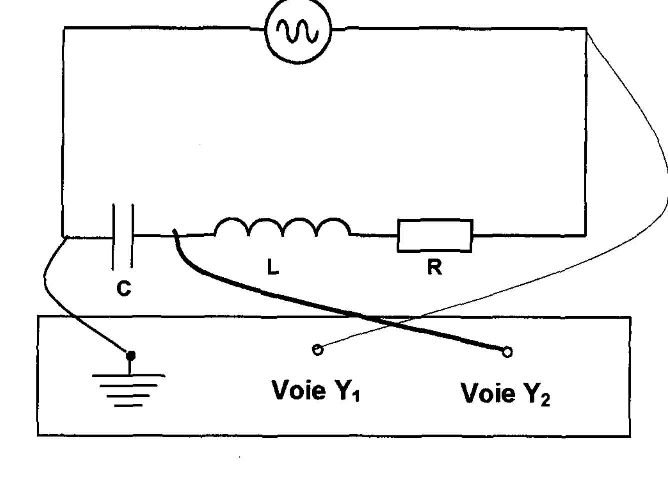
## CORRECTION

### Exercice N°1:

**I/ 1°/** $\left|\varphi_u - \varphi_{u_D}\right| = \frac{2\pi}{T} \times \Delta t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{5T}{12} = \frac{5\pi}{6} rad.$

or u(t) est en avance de phase par rapport à $u_D$(t), alors : $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_D} = \frac{5\pi}{6} rad.$

**2°/ a-** $-\frac{\pi}{2} \prec \varphi_u - \varphi_i \prec \frac{\pi}{2}$ or $\varphi_u - \varphi_{u_D} = \frac{5\pi}{6} rad \notin \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ donc $u_D$(t) ne peut pas être la tension aux bornes du résistor c'est $u_C$(t).




**b-** $i(t) = C\frac{du_C}{dt}$ $alors : \varphi_i = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ d'où

$$\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \varphi_u - \varphi_{u_C} - \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{6} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{3} rad$$

et puisque $\varphi_u - \varphi_i \succ 0$ alors le circuit est inductif.

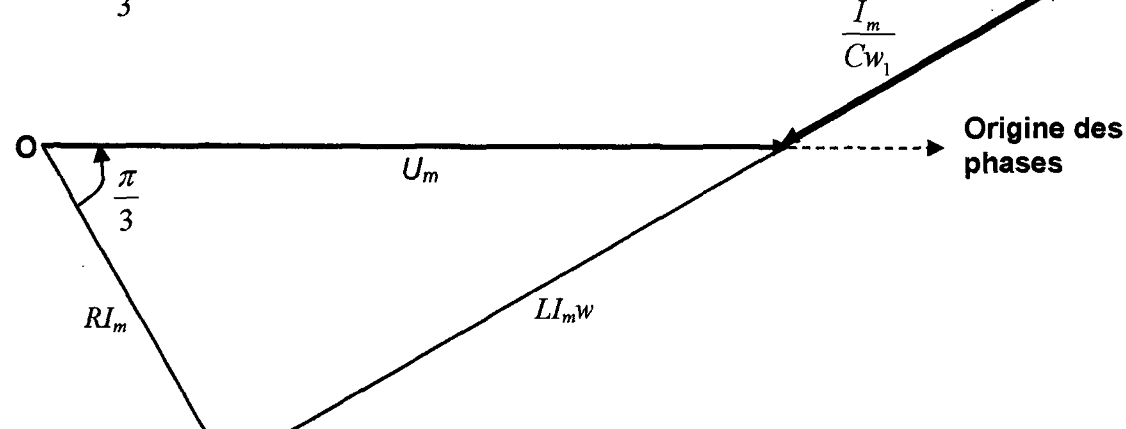
**c-** $L\frac{di(t)}{dt}$ + (R+r) i(t) + $\frac{1}{C}\int i(t)dt$ = u(t).

Ri(t) correspond à $\overrightarrow{V_1}$ ($RI_m$ ; $\varphi_i = \frac{\pi}{3} rad$) ;

L$\frac{di(t)}{dt}$ correspond à $\overrightarrow{V_2}$ ($Lw I_m$; $\varphi_i + \frac{\pi}{2}$)

$\frac{1}{c}\int i(t)$ dt correspond à $\overrightarrow{V_3}$ ($\frac{I_m}{cw} = U_{cm}$=4,3V ; $\varphi_i - \frac{\pi}{2}$) alors $\overrightarrow{V_3}$ correspond à 4,3 cm. u(t) correspond à $\overrightarrow{V}$ ($U_m$= 10V ; $\varphi_u$=0) alors $\overrightarrow{V}$ correspond à 10 cm

et $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{3} rad$



$I_m = U_{cm}.C.w$ . AN : $I_m = 4,3 \times 2,9.10^{-6} \times 2.10^3 = 0,025A$.

$L.w.I_m = 13V$ alors $L = \frac{13}{w.I_m}$ AN : $L = \frac{13}{2.10^3 \times 0,025} = 0,26H$.

$RI_m = 5V$ alors $R = \frac{5}{I_m}$.AN : $R = \frac{5}{0,025} = 200\Omega$.

**II/**

**1°/** $Z_{(L,C)} = \frac{U}{I} = 0$ alors $L.w_2 = \frac{1}{C.w_2}$ d'où $w_2^{\ 2} = \frac{1}{LC} = w_0^{\ 2}$ par suite $w_2 = w_0$ le circuit est alors en état de résonance d'intensité.

**2°/**

**a-** $\varphi_u - \varphi_i = 0$ et $i(t) = C\frac{du_C}{dt}$ $alors : \varphi_i = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ d'où $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{2} rad$ u(t) est alors en quadrature avance de phase par rapport à $u_C(t)$.

**b-** $u_C(t) = U_{C_m}\sin(w_2 t + \varphi_C)$

$\varphi_{u_C} = -\frac{\pi}{2} + \varphi_u$ alors $\varphi_{u_C} = -\frac{\pi}{2} rad$ puisque $\varphi_u = 0$

$w_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ AN : $w_2 = 1{,}17.10^3 rad.s^{-1}$. $I_m = \frac{U_m}{R}$ AN : $I_m = \frac{10}{200} = 5.10^{-2}A$.

$U_{cm} = \frac{I_m}{Cw_2}.AN : U_{cm} = \frac{5.10^{-2}}{2,9.10^{-6} \times 1,17.10^3} = 14,73V$. $u_C(t) = 14,73\sin(1,17.10^3 t - \frac{\pi}{2})(V)$ et t(s).

**3°/**

**a-** Le coefficient de surtension, Q, est le quotient de la tension efficace aux bornes du condensateur par la tension efficace aux bornes du générateur.

$Q = \frac{U_{Cm}}{U_m}.AN : Q = \frac{14,73}{10} = 1,473 \succ 1$.

**b-** Il s'agit d'un phénomène de surtension puisque $Q \succ 1$.

## ***Exercice N°2:***

**1°/** La loi des mailles : $u_B(t) + u_R(t) + u_C(t) = u(t)$ alors $L\frac{di(t)}{dt}$ + r i(t) + R i(t) + $\frac{q(t)}{C}$ = u(t) alors

$L\frac{di(t)}{dt}$ + (R+r) i(t) + $\frac{1}{C}\int i(t)dt$ = u(t).

**2°/** * On a $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$, à t=0s alors u=0V = u (courbe (b)) alors la courbe (b) correspond à la tension u(t) et la courbe (a) correspond à $u_R(t)$ ou bien

on a $U_m = Z\,I_m$, avec $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (\frac{1}{cw} - Lw)^2}$ et $U_{Rm} = Z_R\,I_m$, avec $Z_R = R$ alors $Z > Z_R$ par suite $U_m > U_{Rm}$. Or $U_{courbe\ (b)\ m} > U_{courbe\ (a)\ m}$ alors la courbe (a) correspond à la tension $u_R(t)$.

- $U_{Rm} = R.I_m$ alors $I_m = \frac{U_{Rm}}{R}$ .AN : $I_m = \frac{1,5}{75}$ = 0,02 A.

**b-** $|\Delta\varphi| = |\varphi_u - \varphi_{u_R}| = |\varphi_u - \varphi_i| = \frac{2\pi}{T_1}\times\Delta t$ .AN $|\Delta\varphi| = |\varphi_u - \varphi_i| = \frac{2\pi}{T_1}\times\frac{T_1}{6} = \frac{\pi}{3} rad$ : or u(t) est en retard de phase par rapport à $u_R(t)$, alors : $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{3} rad$ < 0 alors le circuit est capacitif.

**c-** * $N_1 = \frac{1}{T_1}$. Graphiquement $T_1 = 10^{-2}$s . AN :$N_1$ = 100 Hz.

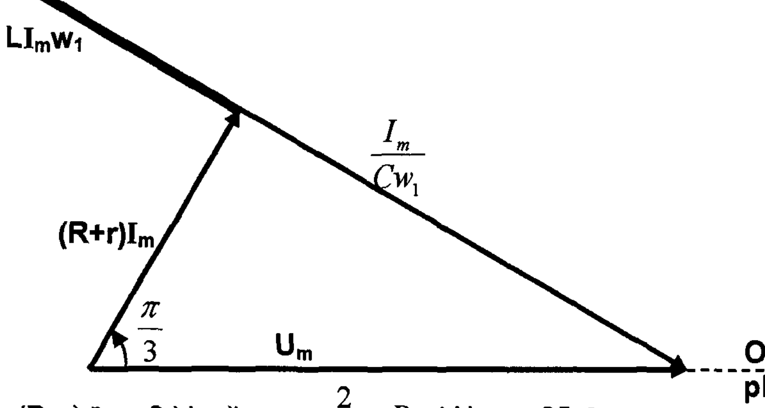
* i(t)= $I_m\sin(2\pi Nt + \varphi_i)$. $I_m$ =0,02A, $w_1$= $200\pi$ rad.s$^{-1}$ et $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{3} rad$ alors

$\varphi_i = \frac{\pi}{3}$ rad d'où i(t)= 0,02 sin($200\pi$t + $\frac{\pi}{3}$) (A).

**3°/a-** (R+r)i(t) correspond à $\vec{V_1}$ ((R+r)$I_m$ ; $\varphi_i$ ) ; L$\frac{di(t)}{dt}$ correspond à $\vec{V_2}$ ($LI_mw_1$ ; $\varphi_i + \frac{\pi}{2}$)

$\frac{1}{c}\int i(t)$ dt correspond à $\vec{V_3}$ ($\frac{I_m}{cw_1}$ = $U_{Cm}$=4,25$\sqrt{2}$ = 6V ; $\varphi_i$ - $\frac{\pi}{2}$) alors $\vec{V_3}$ correspond à 12 cm.

u(t) correspond à $\vec{V}$ ($U_m$= 4V ; $\varphi_u$ =0) alors $\vec{V}$ correspond à 4 cm et $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{3} rad$




**b-** * Détermination de r : (R+r).$I_m$ = 2 V d'ou r = $\frac{2}{I_m} - R$ . AN : r = 25 Ω.

* Détermination de L : $LI_mw_1$ = 2,5 V d'ou L = $\frac{2,5}{Im\times w_1}$. AN : L = 0,2H.

* Détermination de C : $\frac{I_m}{Cw_1}$ = 6 V d'ou C = $\frac{I_m}{6\times w_1}$. AN : C =5,3.10$^{-6}$ F.

**4°/a-** Puisque $I_m$ est maximale, donc on a la résonance d'intensité.

**b-** * Z= R+r = $\frac{U_m}{I_{mO}}$ alors $I_{mO}$ = $\frac{U_m}{R+r}$ .AN : $I_{mO}$ =0,04 A.

* $N_0$ = $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ .AN : $N_0$ = $\frac{1}{2\pi\sqrt{0,2\times5,3.10^{-6}}}$ = 154,58Hz.

**c-** $U_{C0}$ = $Z_C$. $I_O$ = $Z_C$. $\frac{I_{m_0}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{Cw_0}.\frac{I_{m_0}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{C2\pi N_0}.\frac{I_{m_0}}{\sqrt{2}}$ .AN: $U_{C0}$ = 5,49 V.

## ***Exercice N°3:***

**1°/ a-** on a $U_m = Z\, I_m$, avec $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (\frac{1}{Cw} - Lw)^2}$ et $U_{Rm} = Z_R\, I_m$, avec $Z_R = R$ alors $Z > Z_R$ par suite

$U_m > U_{Rm}$. Or $U_{m\text{ courbe (A)}} > U_{m\text{ courbe (B)}}$ alors la courbe (A) correspond à la tension u(t).

**b-** La grandeur électrique qu'on peut déterminer à partir de l'oscillogramme (B) est i(t) puisque

$u_R(t) = R.\, i(t)$ d'où $i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$ et R=Constante >0 alors $u_R(t)$ et i(t) sont deux fonctions

*sinusoïdales synchrones et en phase* ($\varphi_{u_R} = \varphi_i$).

**c-** $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_R} = \varphi_u - \varphi_i < 0$ puisque $u_R(t)$ est en avance de phase par rapport à u(t) ($u_R(t)$ atteint sa valeur maximale avant u(t)) par suite $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -w.\Delta t = -\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{8} = -\frac{\pi}{4} rad$.

Puisque $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{4} rad < 0$ alors le circuit est capacitif.

**d-** $U_m = 8{,}5V$ ; $U_{Rm} = 4V$. $U_{Rm} = R\, .\, I_m$ alors $I_m = \frac{U_{R_m}}{R}$ AN : $I_m = \frac{4}{80} = 0{,}05A$.

$U_{Cm} = \frac{I_m}{2\pi N_1 C}$ AN : $U_{Cm} = \frac{0{,}05}{100\pi.16.10^{-6}}$ d'ou $U_{Cm} = 9{,}947V \approx 9{,}95V$.

**2°/a-** $L\frac{di}{dt} + (R+r)\, i(t) + \frac{1}{C}\int i\, dt = U_m \sin(2\pi N t + \varphi_u)$

$$\vec{V_2}\begin{pmatrix} LW_1.Im \\ \varphi_i + \frac{\pi}{2} \end{pmatrix} + \vec{V_1}\begin{pmatrix} (R+r).Im \\ \varphi_i \end{pmatrix} + \vec{V_3}\begin{pmatrix} U_{C_m} = \frac{Im}{C.W_1} = 9{,}95V \\ \varphi_i - \frac{\pi}{2} \end{pmatrix} = \vec{V}\begin{pmatrix} U_m = 8{,}5V \\ \varphi u \end{pmatrix}$$

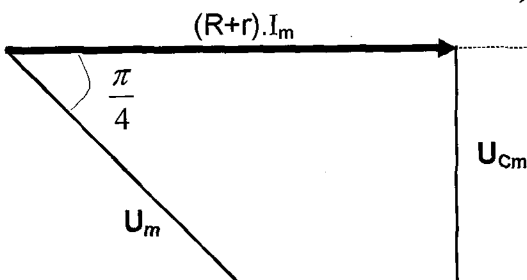
Avec : $w_1 = 100\pi\, rad.s^{-1}$

$U(t=0) = U_m \sin(\varphi_u) = 0$ alors

$\varphi_u = 0$ ou $\varphi_u = \pi$ rad.

Puisque u(t) est croissante à t=0 alors $\cos(\varphi_u) > 0$ donc $\varphi_u = 0$ et par suite

$\varphi i = \frac{\pi}{4} rad.$



**b-** (R+r).Im = 6V alors $r = \frac{6}{Im} - R$ AN: $r = \frac{6}{0,05} - 80$ = 40Ω.

L $w_1.I_m$= 3,9V alors $L = \frac{3,9}{w_1.I_m}$ AN: $L = \frac{3,9}{100\pi.0,05} = 0,248H \approx 0,25H$

**3°/**

**a-** On a $U_{BA} = 2\ U_{DB} \Rightarrow Z_{BA}\ I = 2\ Z_{DB}\ I \Rightarrow Z_{BA} = 2\ Z_{DB} \Rightarrow R = 2\sqrt{r^2 + (\frac{1}{Cw_2} - Lw_2)^2} \Rightarrow$

$R^2 = 4\ r^2 + 4(\frac{1}{Cw_2} - Lw_2)^2 \Rightarrow 4(\frac{1}{Cw_2} - Lw_2)^2 = R^2 - 4\ r^2$. AN: $4(\frac{1}{Cw_2} - Lw_2)^2 = 80^2 - 4 \times 40^2 = 0 \Rightarrow$

$\frac{1}{Cw_2} - Lw_2 = 0 \Rightarrow \frac{1}{Cw_2} = Lw_2 \Rightarrow w_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = w_0$ d'où le circuit est en état de résonance d'intensité.

**b-** i(t)= $I_m \sin(w_2 t + \varphi_i)$. Avec $I_m = \frac{U_m}{R+r}$. AN : $I_m = \frac{8,5}{80+40}$ = 0,07A, $w_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .AN :

$w_2 = \frac{1}{\sqrt{0,25 \times 16.10^{-6}}}$ =500 rad.s$^{-1}$ et $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$ alors $\varphi_u = \varphi_i = 0$.

i(t)= 0,07 sin(500t) (A) t(s).

# CHIMIE

## L'ESSENTIEL DU COURS

### A- NOTION D'AVANCEMENT D'UNE REACTION CHIMIQUE.

* Une entité chimique est tout individu moléculaire, ionique ou atomique.
* Une espèce chimique est tout corps pur à l'état atomique ou moléculaire.
* Une transformation chimique est tout processus au cours du quel il ya modification de la quantité de matière de certains ou de tous les constituants du système chimique avec apparition de nouveaux constituants.
* L'avancement, x, d'une transformation chimique est le nombre de fois que la réaction a avancé (ou marché) depuis l'état initial exprimé dans le système international d'unité en mol.
* Tableau d'avancement du système chimique(ou tableau descriptif d'évolution d'un système chimique)

| Equation chimique | | aA | + bB | ⟶ cC | + dD |
|---|---|---|---|---|---|
| Etat du système | Avancement. | Quantité de matière en mol | | | |
| Etat initial (t=0) | 0 | $n_{0/A}$ | $n_{0/B}$ | 0 | 0 |
| En cours de réaction ( $0<t<t_f$) | x | $n_{/A} = n_{0/A} - ax$ | $n_{/B} = n_{0/B} - bx$ | cx | dx |
| Etat final ($t=t_f$) | $x_f$ | $n_{f/A}= n_{0/A} - ax_f$ | $n_{f/B}= n_{0/B} - bx_f$ | $cx_f$ | $dx_f$ |

- $x_f$ : C'est l'avancement final , c'est l'avancement de la transformation à la fin de la réaction.
- A et B sont les réactifs de la transformation. C et D sont les produits de la transformation.
  a, b, c et d sont les coefficients stœchiométriques de l'équation qui modélise la transformation.
- Pour le réactif A :
  $n_{0/A}$ : Nombre de mole initial du réactif A.
  ax : nombre de mole de A réagit à un instant de date t.
  $n_{/A} = n_{0/A} - ax$ : Nombre de mole de A présent dans le système chimique à l'instant de date t.
- Expression de l'avancement x :

$$x = \frac{n_{0/A} - n_A}{a} = \frac{n_{0/B} - n_B}{b} = \frac{n_C}{c} = \frac{n_D}{d}.$$

* Si la transformation chimique se produit à volume constant, dans un système formé d'une seule phase, on définit l'avancement volumique, y, de la transformation comme étant le quotient de l'avancement, x, par le volume v de la solution.

$$\text{mol.L}^{-1} \dashrightarrow y = \frac{x}{v} \begin{array}{l} \leftarrow \text{mol} \\ \leftarrow \text{L} \end{array}$$

* Tableau d'avancement du système chimique en fonction de l'avancement volumique de la transformation chimique :

| Equation chimique | | aA + | bB → | cC + | dD |
|---|---|---|---|---|---|
| Etat du système | Avancement volumique $mol.L^{-1}$ | Concentration molaire ($mol.L^{-1}$) | | | |
| Etat initial (t=0) | 0 | $[A]_{0/mél}$ | $[B]_{0/mél}$ | 0 | 0 |
| En cours de réaction ( $0<t<t_f$) | y | $[A]=[A]_{0/mél}-ay$ | $[B]=[B]_{0/mél}-by$ | cy | dy |
| Etat final ($t=t_f$) | $y_f$ | $[A]_f=[A]_0-ay_f$ | $[B]_f=[B]_{0/mél}-by_f$ | $cy_f$ | $dy_f$ |

- Pour le réactif A : $[A]_0=\frac{C_A.V_A}{V}$ : Concentration molaire initiale du réactif A dans le mélange.

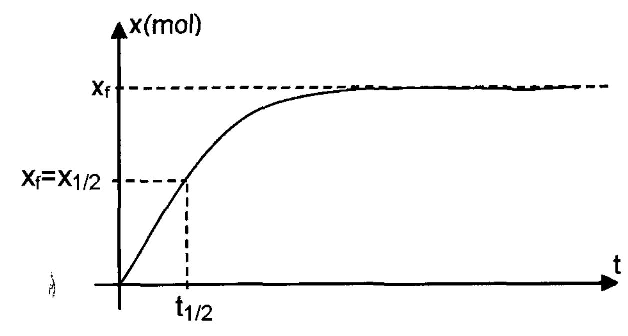
$C_A$ et $V_A$ sont respectivement la concentration molaire initiale et le volume de la solution contenant le réactif A.

$V$ : Volume total du système chimique.

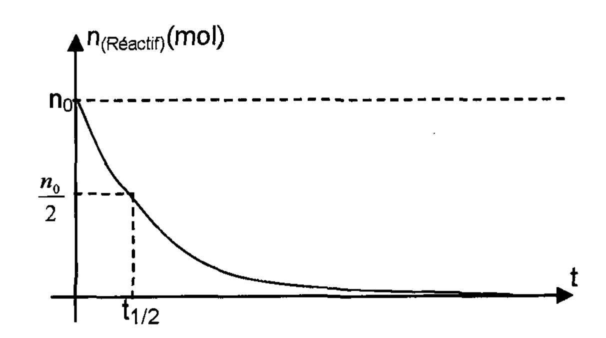
$[A]=[A]_{0/mél}-a.y$ : Concentration molaire du réactif A dans le mélange à l'instant de date t.

* Le temps de demi réaction, $t_{1/2}$ , est la durée au bout de la quelle l'avancement de la réaction, $x_{1/2}$ atteint la moitié de sa valeur finale.

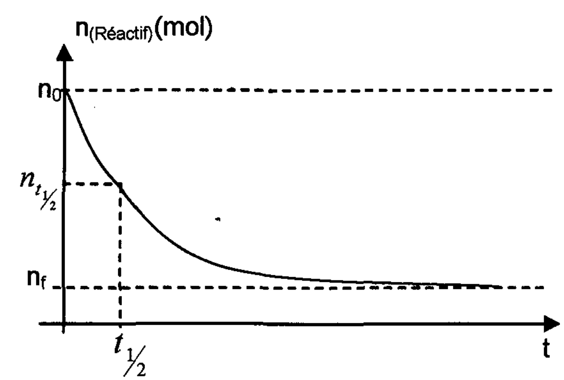
- Détermination graphique de $t_{1/2}$ :
  - D'après la courbe d'évolution d'avancement de la transformation :




  - D'après la courbe d'évolution de la quantité de matière d'un réactif:
    *Si le réactif est limitant :



*Si le réactif est en excès :




$$n_{t_{1/2}} = n_0 - n_{réagit(t_{1/2})} = n_0 - \frac{(n_0 - n_f)}{2} = \frac{n_0 + n_f}{2}.$$

* L'avancement maximal, $x_{max}$, d'une transformation chimique est l'avancement d'une transformation chimique à la fin de la réaction tout en supposant qu'elle est totale.

- Pour une réaction totale (le réactif limitant disparue entièrement à la fin de la réaction): $x_f = x_{max}$.
- Pour une réaction limitée (coexistence en quantité de matière constante, de tous les constituants du mélange réactionnel) : $x_f \prec x_{max}$.
- Détermination de $x_{max}$ :

En supposant que cette transformation est totale : aA + bB ⟶ cC + dD

A partir du réactif A : $n_{0/A} - ax \geq 0$ alors $x \leq \frac{n_{0/A}}{a}$.

A partir du réactif B : $n_{0/B} - bx \geq 0$ alors $x \leq \frac{n_{0/B}}{b}$.

$$x_{max} = Inférieur(\frac{n_{0/A}}{a}, \frac{n_{0/B}}{b}).$$

* Le taux d'avancement final d'une transformation chimique, $\tau_f$, est égal au quotient de son avancement final, $x_f$, par son avancement maximal $x_{max}$.

Formule de $\tau_f$ : $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}}$ (Sans unité).

- Expression de $\tau_f$ en fonction de l'avancement volumique : $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{\frac{x_f}{v}}{\frac{x_{max}}{v}} = \frac{y_f}{y_{max}}$.

- Si $\tau_f = 1$ alors $x_f = x_{max}$ : D'où la réaction est totale.
- Si $\tau_f \prec 1$ alors $x_f \prec x_{max}$ : D'où la réaction est limitée.

* Une transformation chimique est dite totale si l'un, au moins, des réactifs réagit totalement.
* Une transformation chimique est dite limitée si les réactifs ne réagissent pas totalement à la fin de la transformation.

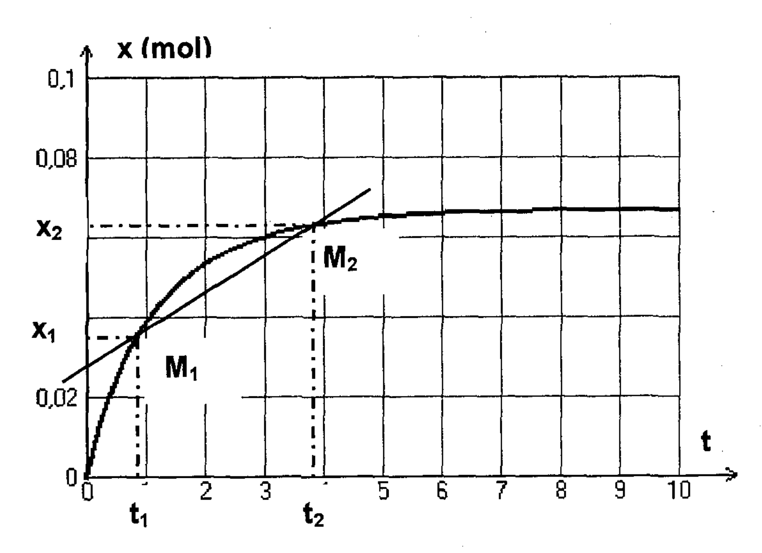
## B- VITESSE D'UNE REACTION CHIMIQUE.

* La vitesse moyenne d'une réaction chimique entre les dates $t_1$ et $t_2$, notée $V_{moy}(t_1, t_2)$ est une grandeur qui renseigne sur la variation de son avancement x, dans l'intervalle de temps $(t_1, t_2)$ par unité de temps.

$$\text{mol.s}^{-1} \longrightarrow V_{moy}(t_1, t_2) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} \begin{array}{l} \longleftarrow \text{mol} \\ \longleftarrow \text{s} \end{array}$$

- Détermination graphique d'une vitesse moyenne d'une réaction chimique.

$V_{moy}(t_1, t_2) = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ : Coefficient directeur de la droite passant par les points $M_1$ et $M_2$ de la courbe x=f(t) d'abscisses respectives $t_1$ et $t_2$. $V_{moy}(t_1, t_2) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$.




- Si le mélange réactionnel est à volume constante et homogène, il est commode de définir une vitesse volumique moyenne de réaction entre deux dates $t_1$ et $t_2$ notée $V_{Vmoy}(t_1, t_2)$.

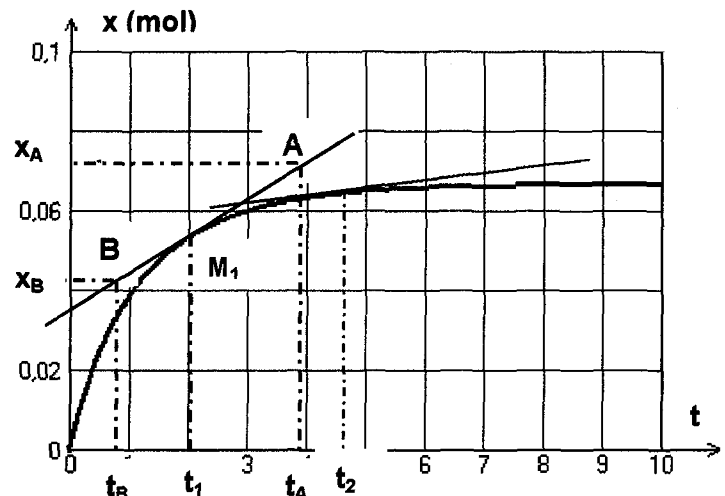
$$\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} \longrightarrow V_{Vmoy}(t_1, t_2) = \frac{1}{V}\, V_{moy}(t_1, t_2) = \frac{y(t_2) - y(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta y}{\Delta t} \begin{array}{l} \longleftarrow \text{mol.L}^{-1} \\ \longleftarrow \text{s} \end{array}$$

* La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date $t_1$, notée $V(t_1)$, est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates $t_1$ et $t_2$ lorsque $t_2$ tend vers $t_1$.

$$V(t_1) = \lim_{t_2 \to t_1} V_{moy}(t_1, t_2) = \lim_{\Delta t = t_2 - t_1 \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}\Big)_{t_1}$$

- Détermination graphique d'une vitesse instantanée d'une réaction chimique.

$V(t_1) = \frac{dx}{dt})_{t_1}$ : Coefficient directeur de la tan à la courbe x=f(t) au point $M_1$ d'abscisse $t_1$ . $V(t_1) = \frac{x_A - x_B}{t_A - t_B}$.




- La vitesse volumique instantanée de la réaction en mol.L$^{-1}$.s$^{-1}$ est exprimée par: $V_V(t_1) = \frac{1}{V}$ $V(t_1)=\frac{dy}{dt})_{t_1}$.

* Autres expressions de la vitesse moyenne d'une réaction chimique.
  On considère l'équation de la réaction chimique symbolisée par l'équation suivante :

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

$$V_{moy}(t_1, t_2) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = -\frac{1}{a}\frac{\Delta n_A}{\Delta t} = -\frac{1}{b}\frac{\Delta n_B}{\Delta t} = \frac{1}{c}\frac{\Delta n_C}{\Delta t} = \frac{1}{d}\frac{\Delta n_D}{\Delta t}.$$

$$V_{Vmoy}(t_1, t_2) = \frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{a}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b}\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c}\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}.$$

* Autres expressions de la vitesse instantanée d'une réaction chimique à $t_1$.

$$V(t_1) = \frac{dx}{dt})_{t_1} = -\frac{1}{a}\frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{dn_B}{dt} = \frac{1}{c}\frac{dn_C}{dt} = \frac{1}{d}\frac{dn_D}{dt})_{t_1}.$$

$$V_V(t_1) = \frac{dy}{dt})_{t_1} = -\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt})_{t_1} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt})_{t_1} = \frac{1}{c}\frac{d[C]}{dt})_{t_1} = \frac{1}{d}\frac{d[D]}{dt})_{t_1}.$$

* Justification graphique de la diminution de la valeur instantanée d'une réaction chimique.

$a_1 = \frac{dx}{dt})_{t_1}$ : Coefficient directeur de la tg $\Delta_1$.

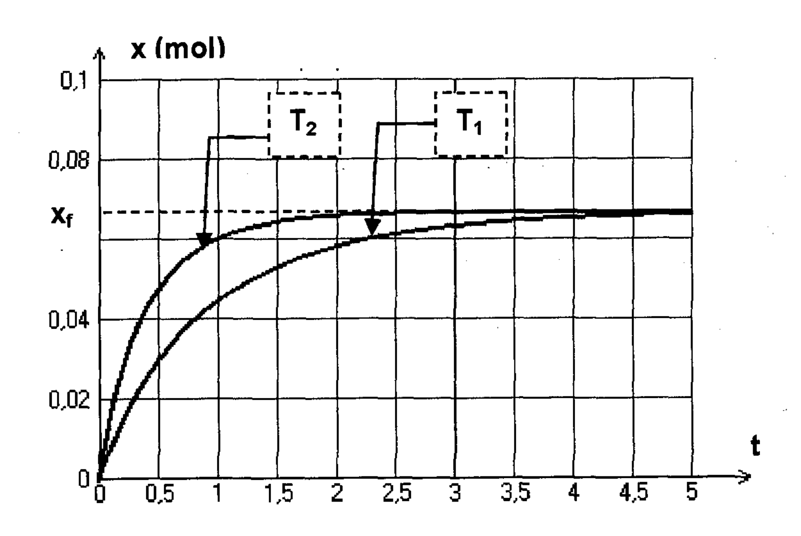
$a_2 = \frac{dx}{dt})_{t_2}$ : Coefficient directeur de la tg $\Delta_2$.

Graphiquement, on constate que $a_1 \succ a_2$ d'où la vitesse de la réaction diminue au cours du temps, elle est maximale à t=0 et s'annule à la fin de la réaction.

* Les facteurs cinétiques.
Un facteur cinétique est un paramètre qui influe sur la vitesse d'une réaction chimique.
Les principaux facteurs cinétiques sont :

- Concentration des réactifs.
La vitesse d'une réaction chimique croit lorsqu'on augmente la concentration des réactifs et inversement.
La vitesse d'une réaction est maximale à la date de début de la réaction, car la concentration des réactifs est maximale.
La vitesse d'une réaction décroit au cours du temps, car la concentration des réactifs diminue au cours du temps.

- Température.
La vitesse d'une réaction chimique croit lorsqu'on augmente la température et inversement.
Dans le cas d'une réaction totale ou limitée et athermique, avec $T_2 \succ T_1$, on représente les deux courbes suivantes.



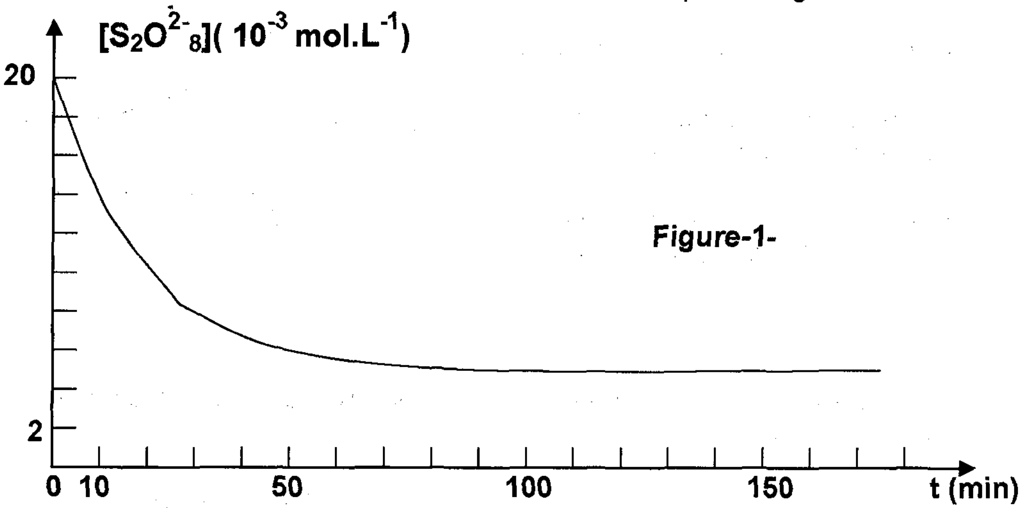

- Catalyseur.
Un catalyseur est une entité chimique utilisée en faible quantité, capable d'augmenter la vitesse d'une réaction chimique, possible spontanément , sans être consommé.

* Les facteurs cinétiques qui influent suite à l'addition de l'eau glacée dans un mélange réactionnel sont la température et la concentration des réactifs.

# EXERCICES

## Exercice N°1 :

On mélange à l'instant **t = 0** et à une température T, un volume $V_1$ **= 0,1 L** d'une solution aqueuse $S_1$, d'iodure de potassium de formule chimique KI et de concentration $C_1$ , avec un volume $V_2$**=0,1L** d'une solution $S_2$ de peroxodisulfate de potassium de formule chimique $K_2S_2O_8$ et de concentration molaire $C_2$. représente l'évolution de $[S_2O^{2-}_8]$ dans le mélange au cours du temps: La figure-1-




**1°/** Ecrire l'équation de la réaction qui a eu lieu, en précisant les couples redox mis en jeu.
**2°/** Déduire de la courbe le nombre de mole initial $n_0$ de $S_2O^{2-}_8$ dans le mélange et calculer $C_2$.
**3°/**
**a-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
**b-** Calculer l'avancement volumique final de la réaction.
**c-** Déduire $C_1$ .
**4°/**
**a-**Déterminer la composition molaire du mélange à la fin de la réaction.
**b**- Déterminer le temps de demi-réaction.

## Exercice N°2 :

On étudie l'évolution, au cours du temps d'un mélange constitué d'un volume $V_1$**= 50 cm$^3$** d'une solution d'iodure de potassium KI de concentration $C_1$**= 0,5 mol.L$^{-1}$** et d'un volume $V_2$**= 50 cm$^3$** d'une solution de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration $C_2$.

**1°/** Ecrire l'équation chimique de la réaction qui modélise l'oxydation des ions $I^-$ par $S_2O_8^{2-}$.
**2°/** Dresser un tableau descriptif de l'évolution du système.
**3°/** Une étude expérimentale quantitative a permis de tracer la courbe $[I^-]$= f(t). Figure-1-.

**a-** Préciser à partir de la courbe de la figure-1- le caractère cinétique de la réaction étudiée.

**b-** Montrer que l'avancement x de la réaction à un instant t vérifie la relation : $x=\dfrac{C_1V_1-(V_1+V_2)[I^-]}{2}$.

**c-** Calculer alors l'avancement final de la réaction.

**d-** Sachant que la réaction est totale, déterminer la composition molaire finale du mélange, puis déduire la concentration molaire $C_2$ de la solution de peroxodisulfate de potassium.

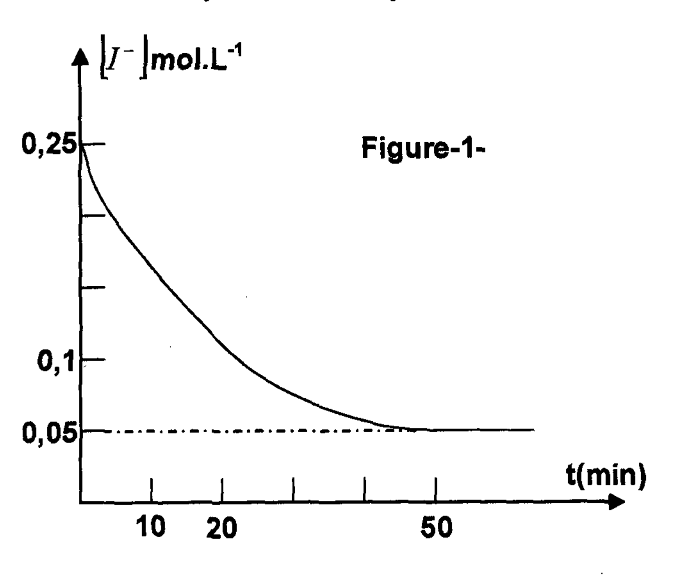
**4°/** Déterminer la valeur du temps de demi-réaction.

**5°/**

**a-** Définir la vitesse instantanée d'une transformation chimique.

**b-** A quel instant la vitesse d'une transformation est maximale ? Déterminer sa valeur pour la réaction étudiée.

**c-** A quel instant $t_1$ la vitesse volumique instantanée de la transformation vaut **$2,5.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.min$^{-1}$**.




## *Exercice N°3 :*

En milieu acide, on réalise l'oxydation du propan-2-ol $C_3H_8O$ par les ions hydrogénochromate $HCrO_4^-$ modélisée par l'équation suivante :

$$2HCrO_4^- + 3\,C_3H_8O + 8H_3O^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3\,C_3H_6O + 16H_2O$$

La transformation, supposée totale est réalisée à temperature constante **T=40°C** au cours de laquelle le volume, V, du mélange réactionnel reste constant et egal à **100 mL**.
On donne les quantités de matière initiales des réactifs dans le mélange:
**$n(C_3H_8O)_0 = 8.10^{-4}$ mol et $n(HCrO_4^-)_0 = 1,08.10^{-4}$ mol.**

**1°/** Dresser le tableau d'évolution de la transformation à étudier.

**2°/** Une étude expérimentale permet de tracer la courbe représentative de la variation de $[HCrO_4^-]$ en fonction du temps figure -1-

**a-** Etablir l'expression de la vitesse volumique instantanée de la réaction en fonction de $[HCrO_4^-]$.

**b-** Calculer cette vitesse à la date **$t_1$ = 35 min**.

**c-** A quelle date $t_2$ la vitesse volumique de la réaction est le double de celle trouvée à la date $t_1$.

**3°/**

**a-** Déterminer l'avancement final, $x_f$, de la réaction.

**b-** Déduire le réactif limitant.

**c-** Calculer à la fin de la réaction la concentration molaire de chacune des espèces suivantes : $HCrO_4^-$ ; $C_3H_8O$ et $Cr^{3+}$.

**4°/** Représenter, sur la figure -1- l'allure de la courbe de variation de $[HCrO_4^-]$ en fonction du temps si la transformation est réalisée à une température **T'=20°C.**

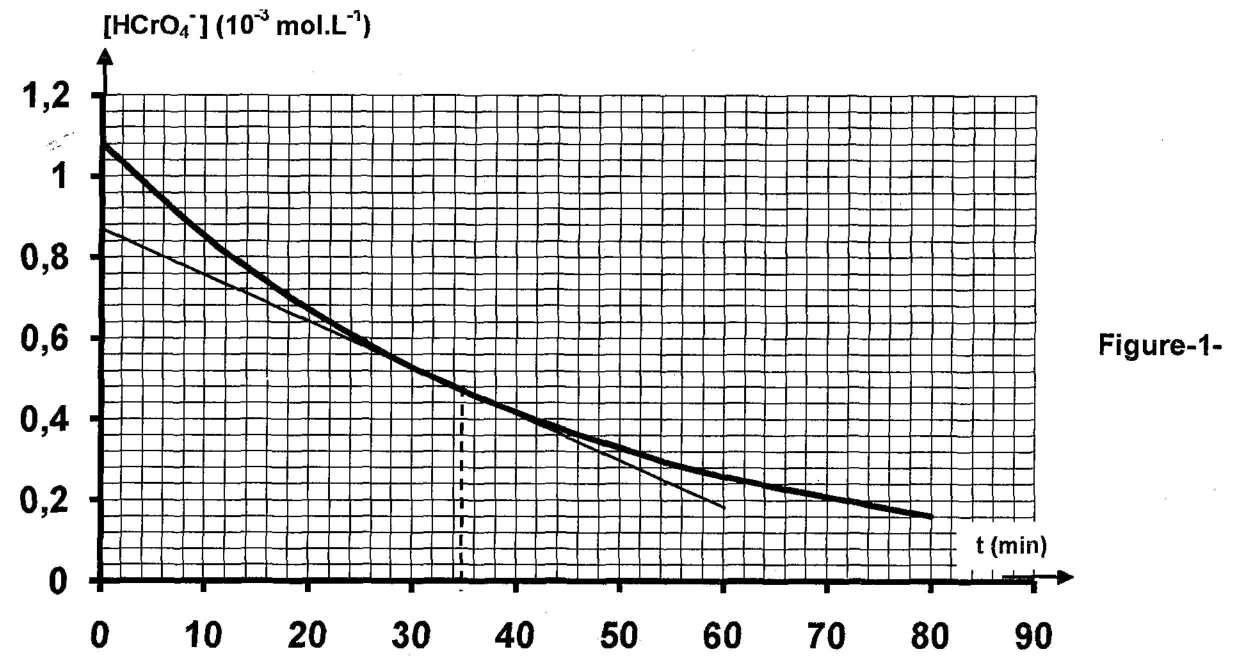



Figure-1-

## *Exercice N°4 :*

On mélange une solution d'iodure de potassium KI de concentration $C_1$ avec une solution d'eau oxygénée $H_2O_2$ de concentration $C_2$ en milieu acide.
Cette réaction est lente et totale, *son équation chimique est* :

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H_3O^+ \longrightarrow 4H_2O + I_2.$$

On réalise 4 expériences dans des conditions expérimentales consignées dans le tableau suivant :

| Expérience | Température (°C) | [$H_2O_2$](mol.L$^{-1}$) | [$I^-$](mol.L$^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|
| (a) | 40 | $0,5.\ 10^{-2}$ | $10^{-2}$ | Présence d'ion $Fe^{2+}$ |
| (b) | 20 | $0,25.\ 10^{-2}$ | $0,5.10^{-2}$ | |
| (c) | 20 | $0,5.10^{-2}$ | $10^{-2}$ | Présence d'ion $Fe^{2+}$ |
| (d) | 20 | $0,5.\ 10^{-2}$ | $10^{-2}$ | |

**1°/** On se propose d'étudier les vitesses $V_a$, $V_b$, $V_c$ et $V_d$ de la réaction à la date **t=0s** respectivement pour les expériences (a), (b), (c) et (d).

**a-** *Définir un catalyseur, en déduire le rôle joué par les ions* $H_3O^+$.

**b-** Comparer, en justifiant, les vitesses $V_a$, $V_b$, $V_c$ et $V_d$.

**2°/** Représenter, en justifiant, sur le même graphique, les allures des courbes de l'avancement x de la *réaction au cours du temps* en précisant pour chaque courbe l'expérience correspondante.

**3°/** Proposer une méthode expérimentale permettant d'augmenter la vitesse de la réaction dans l'expérience (b) en conservant les mêmes conditions du tableau.

## EXERCICES

### Exercice N°1:

1°/ $2I^- + S_2O_8^{2-} \longrightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}$. Les couples sont: $I_2 / I^-$ et $S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}$.

2°/ * $\left[S_2O_8^{2-}\right]_{0mélange} = \dfrac{n_0}{V_1+V_2}$ alors $n_0 = \left[S_2O_8^{2-}\right]_{0mélange}(V_1 + V_2)$.AN : $n_0 = 20.10^{-3} \times 0{,}2 = 4.10^{-3}$ mol.

* $C_2V_2 = 4.10^{-3}$ alors $C_2 = \dfrac{4.10^{-3}}{V_2}$ .AN: $C_2 = \dfrac{4.10^{-3}}{0{,}1} = 4.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$.

3°/

a-

| | $2I^-$ | + $S_2O_8^{2-}$ | $\longrightarrow I_2$ | + $2\,SO_4^{2-}$. | |
|---|---|---|---|---|---|
| à t=0 | $C_1V_1$ | $4.10^{-3}$ | 0 | 0 | en mol |
| à t≻0s | $C_1V_1 - 2x$ | $4.10^{-3} - x$ | x | 2x | en mol |
| à $t_f$ | $C_1V_1 - 2x_f$ | $4.10^{-3} - x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ | en mol |

b- $\left[S_2O_8^{2-}\right]_{mélange}$ à $t_f = \dfrac{4.10^{-3} - x_f}{(V_1+V_2)} = 5.10^{-3}$ alors $x_f = 4.10^{-3} - \left[S_2O_8^{2-}\right]_{mélange}(V_1 + V_2) = 3.10^{-3}$ mol.

$y_f = \dfrac{x_f}{(V_1+V_2)}$ .AN : $y_f = \dfrac{3.10^{-3}}{0{,}2} = 15.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.

c- $\left[S_2O_8^{2-}\right]_{mélange}$ à $t_f = \dfrac{4.10^{-3} - x_f}{(V_1+V_2)} = 5.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$ $\neq 0$ alors $S_2O_8^{2-}$ est en excès d'où $I^-$ est limitant

alors $C_1V_1 - 2x_f = 0$ alors $C_1 = \dfrac{2x_f}{V_1}$ .AN : $C_1 = \dfrac{2x3.10^{-3}}{0{,}1} = 6.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$.

4°/

a- $n(I_2) = x_f = 3.10^{-3}$ mol, $n(SO_4^{2-}) = 2x_f = 6.10^{-3}$ mol.
$n(S_2O_8^{2-}) = 4.10^{-3} - x_f = 10^{-3}$ mol et $n(I^-) = 0$.

b- A $t_{1/2}$ correspond à $x_{1/2} = \dfrac{x_f}{2} = 1{,}5.10^{-3}$ mol alors $\left[S_2O_8^{2-}\right]_{t_{1/2}} = \dfrac{4.10^{-3} - 1{,}5.10^{-3}}{0{,}2} = 12{,}5.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$

d'après la courbe $t_{1/2} \approx 13$ mn.

### Exercice N°2:

1°/ $2I^- + S_2O_8^{2-} \longrightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}$.

2°/ * $n_{0(I^-)} = C_1V_1$. AN: $n_{0(I^-)} = 0{,}05 \times 0{,}5 = 25.10^{-3}$ mol.

* 

| | $2I^-$ | + $S_2O_8^{2-}$ | $\longrightarrow I_2$ | + $2\,SO_4^{2-}$. | |
|---|---|---|---|---|---|
| t = 0 | $25.10^{-3}$ | $C_2V_2$ | 0 | 0 | mol |
| t | $25.10^{-3} - 2x$ | $C_2V_2 - x$ | x | 2x | mol |
| $t_f$ | $25.10^{-3} - 2x_f$ | $C_2V_2 - x_f$ | $x_f$ | $2x_f$ | mol |

3°/

a- $t_f$ = 50min, alors la réaction est lente.

**b-** On a: $n_{(I^-)(restant)} = C_1V_1 - 2x = [I^-](V_1 + V_2)$ alors $x = \dfrac{C_1V_1 - [I^-](V_1+V_2)}{2}$.

**c-** A $t_f$, on a: $[I^-]_f = 0{,}05$ mol.L$^{-1}$ alors $x_f = \dfrac{0{,}5\times 50.10^{-3} - 0{,}05\times(50.10^{-3} + 50.10^{-3})}{2} = 10^{-2}$ mol.

**d-** $n_{(I^-)final} = [I^-]_f(V_1 + V_2)$ .AN: $n_{(I^-)final} = 0{,}05\,(50.10^{-3} + 50.10^{-3}) = 5.10^{-3}$ mol $\neq 0$ d'ou $I^-$ est en excés et $S_2O_8^{2-}$ est limitant.

* $n(I^-)_{final} = 5.10^{-3}$ mol, $n(S_2O_8^{2-})_{final} = 0$ mol, $n(I_2)_{final} = x_f = 10^{-2}$ mol et $n(SO_4^{2-})_{final} = 2x_f = 2.10^{-2}$ mol.

* $S_2O_8^{2-}$ est limitant alors $C_2V_2 - x_f = 0$ alors $C_2 = \dfrac{x_f}{V_2}$ .AN: $C_2 = \dfrac{10^{-2}}{0{,}5.10^{-3}} = 0{,}2$ mol.L$^{-1}$.

**4°/** Au temps de demi réaction : $x = \dfrac{x_f}{2}$. AN: $x = \dfrac{10^{-2}}{2} = 5.10^{-3}$ mol, on a: $[I^-]_{1/2} = \dfrac{C_1V_1 - 2x}{V_1 + V_2}$.

AN: $[I^-]_{1/2} = \dfrac{0{,}5\times 50.10^{-3} - 2\times 5.10^{-3}}{0{,}1} = 0{,}15$ mol.L$^{-1}$, d'après la courbe $t_{1/2} = 12$ min.

**5°/**

**a-** La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date $t_1$ est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates $t_1$ et $t_2$ lorsque $t_2$ tend vers $t_1$.

**b-** * La vitesse d'une transformation est maximale à t=0s.

* D'après le tableau, on a: $n(I^-)_{Restant} = n(I^-)_0 - 2x$ alors $\dfrac{n(I^-)_{restant}}{V_1+V_2} = \dfrac{n(I^-)_0}{V_1+V_2} - 2\dfrac{x}{V_1+V_2}$ alors

$[I^-] = [I^-]_0 - 2y$ alors $y = \dfrac{[I^-]_0}{2} - \dfrac{[I^-]}{2}$ or $V_{Vt} = \dfrac{dy}{dt}$ alors $V_{Vt} = \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{[I^-]_0}{2}\right) - \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{[I^-]}{2}\right) = -\dfrac{1}{2}\dfrac{d[I^-]}{dt}$.

$V_{V(t=0)}$ : est l'opposé de $\dfrac{1}{2}$ coefficient directeur de la tangente à la courbe $[I^-] = f(t)$ à la date t=0s.

$V_{V(t=0)} = -\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{0{,}25-0}{0-18}\right) = 6{,}94.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.min$^{-1}$ (vitesse volumique)

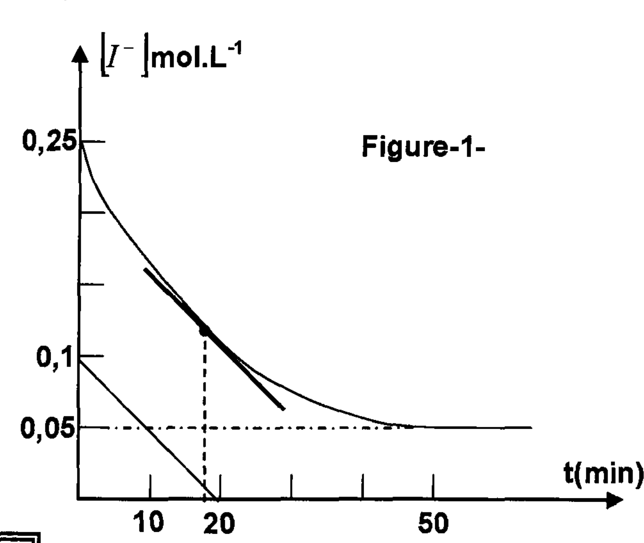
$V_{(t=0)} = V_{V(t=0)} \times (V_1 + V_2)$ .AN: $V_{(t=0)} = 6{,}94.10^{-3} \times 0{,}1 = 6{,}94.10^{-4}$ mol.min$^{-1}$.

**c-** $V_{Vt1} = -\dfrac{1}{2}\dfrac{d[I^-]}{dt}$ alors $\dfrac{d[I^-]}{dt} = -2\,V_{Vt1}$.

$\dfrac{d[I^-]}{dt} = -2 \times 2{,}5.10^{-3} = -5.10^{-3}$ mol.L$^{-1}$.min$^{-1}$

$\dfrac{d[I^-]}{dt} = -\dfrac{5.10^{-3}\times 20\,mol.L^{-1}}{20\,min} = -\dfrac{0{,}1\,mol.L^{-1}}{20\,min}$

d'après la courbe $t_1 = 18$ min.



## Exercice N°3:

1° /

| Equation | | $2HCrO_4^- + 3\,C_3H_8O + 8\,H_3O^+ \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 3\,C_3H_6O + 16H_2O$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etat | Avancement (mol) | Quantité de matière (mol) | | | | | | |
| t=0 | 0 | $1{,}08.10^{-4}$ | $8.10^{-4}$ | excès | [redacted] | 0 | 0 | - |
| $t \succ 0$ | x | $1{,}08.10^{-4}-2x$ | $8.10^{-4}-3x$ | excés | [redacted] | 2x | 3x | - |
| $t_f$ | $x_f$ | $1{,}08.10^{-4}-2x_f$ | $8.10^{-4}-3x_f$ | excés | [redacted] | $2x_f$ | $3x_f$ | - |

2°/

a- $v_v(t) = \frac{1}{v}.\frac{dx}{dt}$.

$$x = \frac{1{,}08.10^{-4} - n_{(HCrO_4^-)}}{2}$$

$$alors : v_v(t) = -\frac{1}{2\times v}.\frac{dn_{(HCrO_4^-)}}{dt} = -\frac{1}{2}.\frac{d\left[HCrO_4^-\right]}{dt}.$$

b- $v_v(t_1) = -\frac{1}{2}$. coefficient directeur de la tangente à la courbe $\left[HCrO_4^-\right] = f(t)$ à la date $t_1 = -\frac{1}{2}.a_1$.

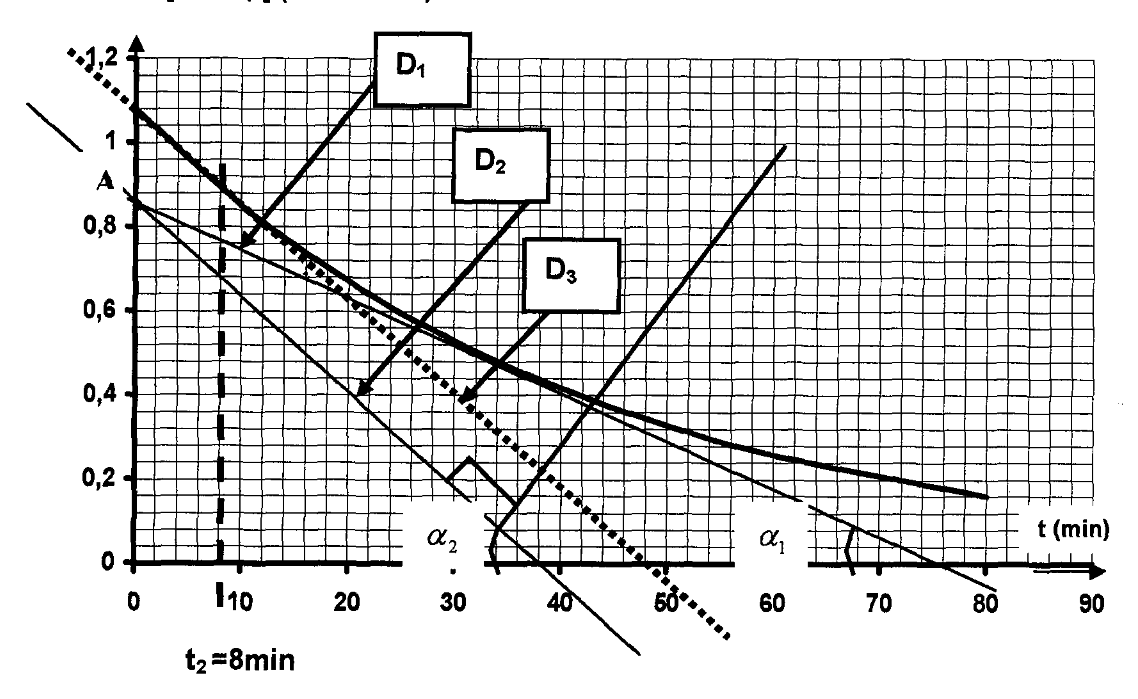
AN : $v_v(t) = -\frac{1}{2}.\left(\frac{(0{,}46-0{,}86)\times 10^{-3}}{35-0}\right) = 5{,}7.10^{-6} mol.L^{-1}\min^{-1}$.

c- $v_v(t_2) = -\frac{1}{2}$. coefficient directeur de la tangente à la courbe $\left[HCrO_4^-\right] = f(t)$ à la date $t_2 = -\frac{1}{2}.a_2$.

$v_v(t_2) = 2\times v_v(t_1). \Rightarrow a_2 = 2\times a_1$. D'autre part : $a_1 = \frac{\Delta\left[HCrO_4^-\right]_1}{t_A - 0}$. et $a_2 = \frac{\Delta\left[HCrO_4^-\right]_2}{t_A - 0}$.

et par suite : $\frac{\Delta\left[HCrO_4^-\right]_2}{\Delta t_2} = 2\times\frac{\Delta\left[HCrO_4^-\right]_1}{\Delta t_1}$. Puisque $\Delta\left[HCrO_4^-\right]_2 = \Delta\left[HCrO_4^-\right]_1$ alors $\Delta t_2 = \frac{\Delta t_1}{2}$.

Traçant, alors, la droite, $D_2$, passant par le point A. En fin, on trace la droite , $D_3$, parallèle à la droite $D_2$ passant tangentiellement à la courbe $\left[HCrO_4^-\right] = f(t)$ à la date $t_2$.




**3°/**

**a-** A partir de $HCrO_4^-$ : 1,08.10$^{-4}$ - 2x$_f$ ≥0 alors x$_f$ ≤ 5,4.10$^{-5}$ mol.

A partir de $C_3H_8O$ : 8.10$^{-4}$ - 3x$_f$ ≥ 0 alors x$_f$ ≤ 2,6610$^{-4}$ mol donc x$_f$ = 5,4.10$^{-5}$mol.

**b-** n($HCrO_4^-$)$_f$= 1,08.10$^{-4}$ - 2x$_f$ = 0 alors $HCrO_4^-$ est le réactif limitant.

**c-** $\left[HCrO_4^-\right]_f = 0$

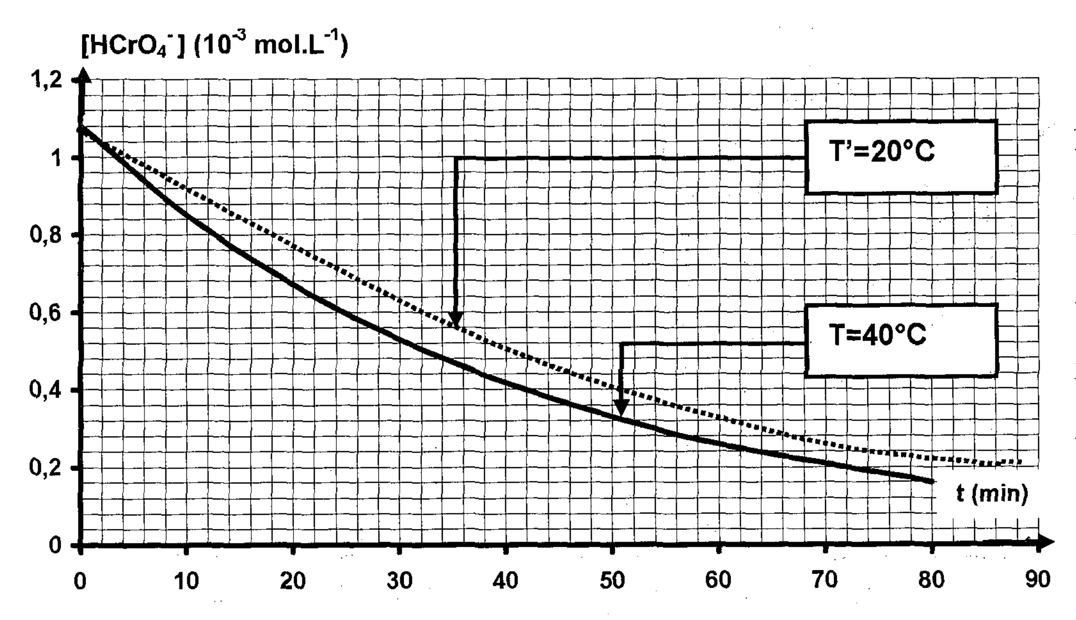
$$[C_3H_8O]_f = \frac{8.10^{-4} - 3\times x_f}{V_{mélange}}.$$

$$AN:[C_3H_8O]_f = \frac{8.10^{-4} - 3\times 5,4\times 10^{-5}}{0,1} alors [C_3H_8O]_f = 6,4.10^{-3} mol.L^{-1}.$$

$$\left[Cr^{3+}\right]_f = \frac{2\times x_f}{V_{mélange}}.$$

$$AN:\left[Cr^{3+}\right]_f = \frac{2\times 5,4\times 10^{-5}}{0,1} alors \left[Cr^{3+}\right]_f = 1,08.10^{-3} mol.L^{-1}.$$

**4°/** Par diminution de la température la réaction devient plus lente d'où l'allure de la courbe




## *Exercice N°4:*

**1°/**

**a-** Un catalyseur est une entité chimique, utilisé en faible quantité capable d'augmenter la vitesse d'une transformation sans être consommé, d'où l'entité $H_3O^+$ est un réactif.

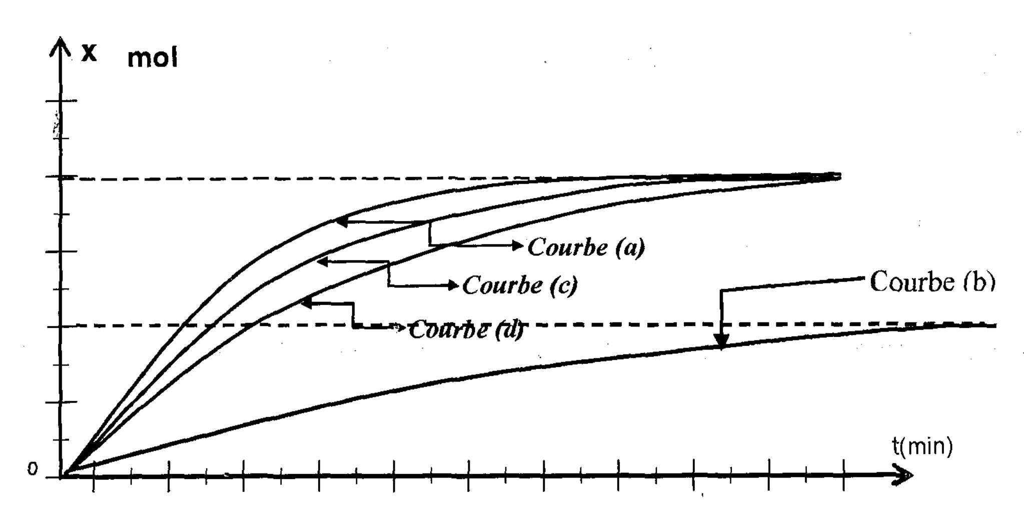
**b-** * L'*expérience (a), réalisée à haute température* et plus grandes concentrations des réactifs et en presence du catalyseur convient à la transformation la plus rapide.

* L'expérience (b), réalisée à faible température et plus petite concentrations des réactifs et en absence du catalyseur convient à la transformation la moins rapide.

* La réaction de l'expérience (c) est plus rapide que celle de l'expérience (d) car, elle a de plus le catalyseur.

$V_a > V_c > V_d > V_b$.

**2°/**




**3°/** Il suffit d'utiliser un catalyseur.

## L'ESSENTIEL DU COURS

**A/ Notion d'équilibre chimique :**

*** Rappel :**

**Les alcools aliphatiques :**

- Un alcool aliphatique saturé est un composé dont la molécule ayant une chaîne carbonée ouverte et comporte le groupe hydroxyle $-OH$ lié à un atome de carbone ne formant que des liaisons simples avec des atomes de carbone ou d'hydrogène.
- L'alcool est dit mono alcool lorsqu'il ne renferme qu'un seul groupement hydroxyde $-OH$.
- Un mono alcool aliphatique saturé est :
- De formule brute : $C_nH_{2n+2}O$ ou bien $C_nH_{2n+1}OH$, avec n : le nombre d'atome de carbone que renferme la molécule d'alcool.
- De masse molaire moléculaire : M= 14n +18.
- Il existe trois classes d'alcool :
- Alcool primaire (I) : est un alcool dont le carbone fonctionnel est lié au moins à deux atomes d'hydrogène et de formule générale $R-CH_2-OH$, avec R : est un groupement hydrocarboné ou un atome d'hydrogène.

  Exemples : $CH_3-OH$ et $CH_3-CH_2-OH$.
- Alcool secondaire (II): est un alcool dont le carbone fonctionnel est lié à un seul atome d'hydrogène et de formule générale $\begin{matrix} R \\ R' \end{matrix}\!\!>CH-OH$, avec R et R' : sont deux groupements hydrocarbonés.

  Exemples : $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-OH$ ; $\begin{matrix} CH_3-CH_2 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>CH-OH$.
- Alcool tertiaire (III) : est un alcool dont le carbone fonctionnel n'est lié à aucun atome d'hydrogène et de formule générale $R'-\overset{\displaystyle R}{\underset{\displaystyle R''}{C}}-OH$, avec R, R' et R" : sont trois groupements hydrocarbonés.

  Exemples : $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-OH$ et $CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle CH_3}{C}}-OH$.
- Pour nommer un alcool il faut numéroter la chaîne carbonée la plus longue contenant le carbone fonctionnel de telle sorte que ce dernier porte le plus petit indice, son nom est obtenu en remplaçant

le "e" final de l'alcane correspondant à cette chaîne carbonée par le suffixe "ol" précède de l'indice de position du carbone fonctionnel.

**Les acides carboxyliques :**

- Un monoacide carboxylique est un composé organique dont la molécule comporte un seul groupe carboxyle –COOH (—C(=O)OH)

- Un acide carboxylique est :

- De formule brute : $C_nH_{2n}O_2$
- De formule générale R-COOH ou bien R—C(=O)OH
- De masse molaire : M = 14n +32.

- Pour nommer un acide carboxylique il faut numéroter la chaîne carbonée la plus longue,contenant le groupement fonctionnel de tel sorte que ce dernier renferme le carbone d'indice le plus petit, son nom est obtenu en remplaçant le suffixe "ol" final de l'alcool correspondant à cette chaîne carbonée par le suffixe "oïque" et en faisant précéder l'ensemble du mot acide.

Exemple : $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—C(=O)OH$ Acide 3- méthylbutanoïque

- Tous les acides carboxyliques sont des acides faibles, ils s'ionisent partiellement dans l'eau.

$$R\text{-}COOH + H_2O \rightleftharpoons R\text{-}COO^- + H_3O^+$$

. Toute solution aqueuse d'acide carboxylique R-COOH renferme les entités chimiques suivantes : R-COOH, $R\text{-}COO^-$, $H_3O^+$, $OH^-$ et $H_2O$ tel que : $[H_3O^+] = 10^{-pH} < C_A$ : $C_A$ est la concentration molaire de la solution aqueuse d'acide carboxylique.

**Les esters :**

- Formule brute de l'ester : $C_nH_{2n}O_2$.
- Formule générale de l'ester : R-COOR' ou bien R—C(=O)O-R'
- Masse molaire de l'ester : M = 14n + 32.
- Nomenclature des esters :

$H—C(=O)—O—CH_2—CH_3$ Méthanoate d'éthyle.

$CH_3—CH_2—C(=O)—O—CH_3$ Propanoate de méthyle.

- Caractères de la réaction d'estérification :

La réaction d'estérification est une réaction lente, limitée (elle aboutit à un état d'équilibre chimique caractérisé par la cœxistance des différents réactifs et produits) et athermique.

- Remarques :
- Les acides carboxyliques et les esters ayant la même formule brute sont des isomères de fonctions.
- Au cours d'une réaction d'estérification on a toujours :

$$N_{(\text{atome de carbone dans l'acide carboxylique})} + N_{(\text{atome de carbone dans l'alcool})} = N_{(\text{atome de carbone dans l'ester})}$$

- La réaction entre l'ester et l'eau qui forme un acide carboxylique et de l'alcool est appelée réaction d'hydrolyse d'un ester.

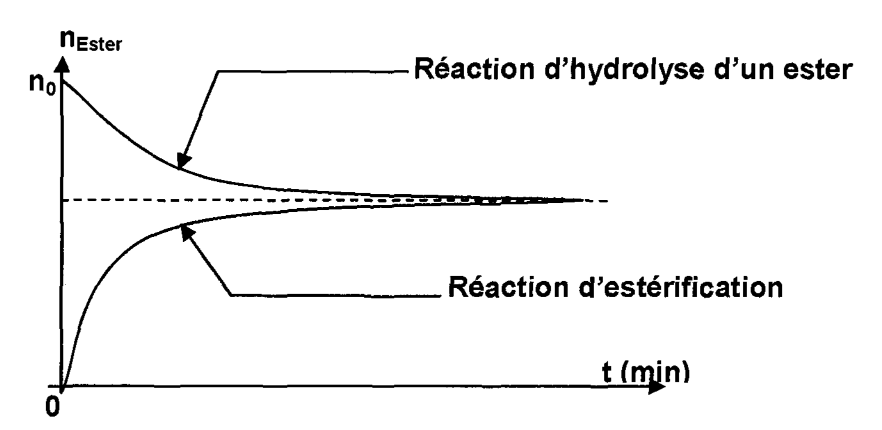
$$\text{Acide carboxylique} + \text{Alcool} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftharpoons}} \text{Ester} + \text{Eau.}$$

Le sens (1) est le sens de la réaction d'estérification.

Le sens (2) est le sens de la réaction d'hydrolyse de l'ester.

- La réaction d'estérification et la réaction d'hydrolyse de l'ester sont deux réactions inverses l'une de l'autre qui ont les mêmes caractères et qui peuvent être accélérées par chauffage ou en utilisant un catalyseur qui peut être l'acide sulfurique concentré.

* Remarques :
- L'étude expérimentale de la réaction d'estérification et l'hydrolyse du même ester, produit d'un mélange équimolaire d'acide carboxylique et de l'alcool (dans le cas de l'estérification) ou d'ester et de l'eau (dans le cas d'hydrolyse de l'ester) à fournir les courbes suivantes :




- Pour un mélange équimolaire d'acide et d'alcool le taux d'avancement final de la réaction d'estérification dépend de la classe de l'alcool utilisé :
  - Pour un alcool primaire : $\tau_{f)esterification} = 0,67$.
  - Pour un alcool secondaire : $\tau_{f)esterification} = 0,6$.
  - Pour un alcool tertiaire $\tau_{f)esterification} = 0,05$.

* Un système est dit en état d'équilibre chimique si, en dehors de toute intervention du milieu extérieur, les réactifs et les produits de la réaction sont présents dans le système et leurs quantités de matière ne changent pas au cours du temps.
*A l équilibre chimique et à l'échelle moléculaire, la vitesse d'estérification est égale à la vitesse de l'hydrolyse, on dit que le système chimique est en état d'équilibre dynamique.
* Soit l'équation : Alcool + Acide $\rightleftarrows$ Ester + Eau
On définit pour cette équation chimique la fonction des concentrations $\pi$ tel que :

$$\pi_{Esterification} = \frac{[Ester][Eau]}{[Alcool][Acide]} = \frac{\frac{n_{Ester}}{V_{tot}}\frac{n_{Eau}}{V_{tot}}}{\frac{n_{Alcool}}{V_{tot}}\frac{n_{Acide}}{V_{tot}}} = \frac{n_{Ester}n_{Eau}}{n_{Alcool}n_{Acide}}.$$

*A l'équilibre dynamique la fonction des concentrations $\pi$ prend une valeur constante notée K appelée constante d'équilibre de la réaction d'estérification tel que :

$$K_{Esterification} = \pi_{éq} = \frac{[Ester]_{éq}[Eau]_{éq}}{[Alcool]_{éq}[Acide]_{éq}} = \frac{n_{Ester)éq}n_{Eau)éq}}{n_{Alcool)éq}n_{Acide)éq}}.$$

*Soit la réaction d'hydrolyse d'un ester :
Ester + Eau $\rightleftarrows$ Acide + Alcool
La fonction des concentrations $\pi$ associée à cette réaction :

$$\pi_{Hydrolyse} = \frac{[Alcool][Acide]}{[Ester][Eau]} = \frac{\frac{n_{Alcool}}{V_{tot}}\frac{n_{Acide}}{V_{tot}}}{\frac{n_{Ester}}{V_{tot}}\frac{n_{Eau}}{V_{tot}}} = \frac{n_{Alcool}n_{Acide}}{n_{Ester}n_{Eau}}.$$

A l'équilibre dynamique $K_{Hydrolyse} = \pi_{éq} = \frac{[Alcool]_{éq}[Acide]_{éq}}{[Ester]_{éq}[Eau]_{éq}} = \frac{n_{Alcool)éq}n_{Acide)éq}}{n_{Ester)éq}n_{Eau)éq}}.$

* Remarques :
  - $K_{est}.K_{hydr} = 1$
  - La constante d'équilibre K ne dépend ni de la température (réaction athermique ) ni de la composition initiale.
  - Pour la réaction d'estérification ou d'hydrolyse d'un ester l'eau n'est pas le solvant par suite la concentration de l'eau intervient dans l'expression de la constante d'équilibre associée.

| | $K_{Est}$ | $K_{hyd}$ |
|---|---|---|
| Alcool Primaire | 4 | 0,25 |
| Alcool Secondaire | 2,25 | 0,44 |
| Alcool Tertiaire | $2,27.10^{-3}$ | 440,5 |

* Condition d'évolution spontanée :

Alcool + Acide ⇄ Ester + Eau

$$\pi = \frac{[Ester][Eau]}{[Alcool][Acide]} \;;\; K = \pi_{éq} = \frac{[Ester]_{éq}[Eau]_{éq}}{[Alcool]_{éq}[Acide]_{éq}}.$$

- Si $\pi < K$ : le système évolue spontanément dans le sens d'estérification (sens direct).
- Si $\pi \succ K$ : le système évolue spontanément dans le sens d'hydrolyse (sens inverse).
- Si $\pi = K$ le système n'évolue pas spontanément, il est en état d'équilibre dynamique.

**B- Loi d'action de masse généralisée :**

* Pour l'équation chimique suivante : aA + bB ⇄ cC + dD

La fonction des concentrations $\pi$ associée à cette réaction $\pi = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$.

A l'équilibre dynamique, la fonction des concentrations $\pi$ prend une valeur constante K appelée constante d'équilibre qui ne dépend que de la température pour les réactions énergétiques.

$$K = \pi_{éq} = K = \frac{[C]^c_{éq}[D]^d_{éq}}{[A]^a_{éq}[B]^b_{éq}}$$ : C'est la loi d'action de masse généralisée.

* Condition d'évolution spontanée :

| $\pi < K$ | $\pi = K$ | $\pi \succ K$ | $\pi$ croissante |
|---|---|---|---|
| La réaction direct est possible spontanément | Le système est en état d'équilibre chimique | La réaction inverse est possible spontanément | |

(axe gradué à partir de 0)

* Remarques :

- Sous la forme usuelle de la fonction $\pi$ des concentrations on convient de ne pas figurer la concentration molaire de l'eau pure (jouant le rôle d'un solvant) et d'un solide dans l'expression de $\pi$.

Exemples : $CH_3CO_2H$ + $H_2O$ ⇄ $CH_3CO_2^-$ + $H_3O^+$ ; $\pi = \frac{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]}{[CH_3CO_2H]}$.

$Fe^{3+}$ + $3Cl^-$ ⇄ $FeCl_{3)Sd}$ ; $\pi = \frac{1}{[Fe^{3+}][Cl^-]^3}$.

-Si $K > 10^4$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens direct.
-Si $K < 10^{-4}$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens inverse.

-La constante d'équilibre ne depend pas :

- de la composition intiale du mélange.
- de la température pour les réactions athermiques ( Ex : l'estérification ou l'hydrolyse d'un ester).

**C- Loi de modération :**

* Les facteurs d'équilibre sont des paramètres qui influent sur le système chimique en état d'équilibre dynamique.

*Les facteurs d'équilibre sont : la température, la pression et la concentration de l'un des constituants.

* Loi de modération relative à la température :

- Pour un système fermé en état d'équilibre dynamique, à pression constate, une élévation de la température fournit la réaction endothermique.
- Pour un système fermé en état d'équilibre dynamique, à pression constante, une diminution de la température fournit la réaction exothermique.

Remarque :

La variation de la température n'a pas d'effet sur l'état d'équilibre des réactions athermiques.

*Loi de modération relative à la pression :

- Pour un système chimique fermé en état d'équilibre dynamique, à température constánte, une augmentation de pression fournit la réaction qui tend à diminuer le nombre de mole du mélange gazeux.
- Pour un système chimique fermé en état d'équilibre dynamique, à température constante, une diminution de pression fournit la réaction qui tend à augmenter le nombre de mole du mélange gazeux.

* Remarque :
  - La variation de la pression n'a pas d'effet sur l'état d'équilibre d'une réaction :
  - en phase solide ou liquide.
  - ou la somme des coefficients stœchiométriques des réactifs gazeux est égale à la somme des coefficients stœchiométriques des produits gazeux.

* Loi de modération relative à la concentration :

- Pour un système chimique en état d'équilibre dynamique, à pression et température constante, une augmentation de la valeur de la concentration de l'un des constituants du système fournit la réaction qui tend à diminuer cette concentration.
- Pour un système chimique en état d'équilibre dynamique, à pression et température constante, une diminution de la valeur de la concentration de l'un des constituants du système fournit la réaction qui tend à augmenter cette concentration.

* La loi de modération généralisée.

Pour un système chimique à l'état d'équilibre dynamique, une perturbation fait varier :

-Soit la température à pression constante pour un système fermé.
- Soit la pression à température constante pour un système fermé.
- Soit la concentration de l'un des constituants d'un système chimique ouvert à pression, volume et température constante.

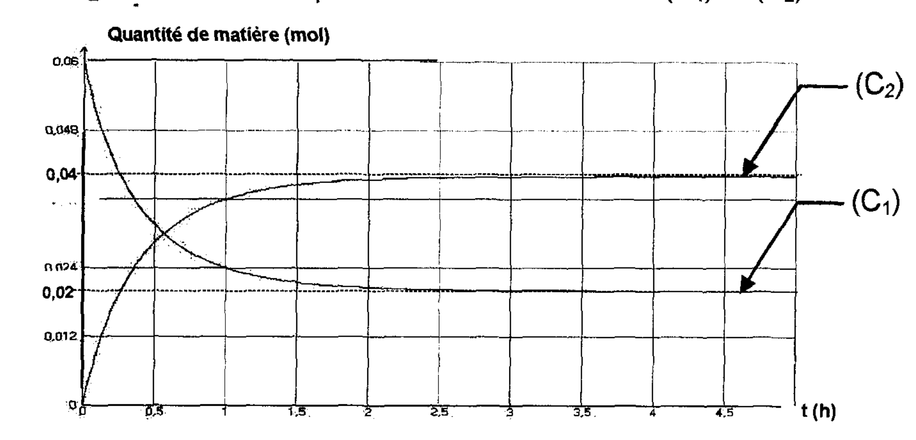
Le système évolue dans le sens qui tend à modérer cette perturbation.

EXERCICES

## Exercice N°1:

Dans un erlenmeyer et à **t = 0s**, on mélange **0,06 mol** d'*acide éthanoïque* et **0,06 mol** d'éthanol. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante **$T_1$ = 60°C**.
Des mesures expérimentales ont permis de déterminer les quantités de matière d'acide éthanoïque $n_A$ et d'ester formé $n_E$ au cours du temps et de tracer les courbes ($C_1$) et ($C_2$) ci-dessous.

**Figure -1-**




**1°/**

**a-** Ecrire l'équation de la réaction en utilisant les formules semi-développées. Nommer l'ester (E) formé.
**b-** A partir de la figure -1-, montrer, en le justifiant, que la courbe ($C_1$) représente l'évolution de la quantité de matière d'acide restant au cours du temps.
**c-** Dresser le tableau descriptif relatif à cette équation.
**d-** Déterminer la valeur du taux d'avancement final $\tau_f$ de cette réaction.
**e-** *Déduire deux caractères de cette réaction.*

**2°/**

**a-** Exprimer la constante d'équilibre k associée à cette réaction en fonction de $x_f$.
**b-** *Montrer que la valeur de la constante d'équilibre k, relative a cette réaction étudiée est* **4.**

**3°/** Dans une autre expérience, on mélange initialement **0,2 mol** d'acide, **0,2 mol** d'alcool, **0,05 mol** d'ester et **0,05mol** d'eau.
**a-** Montrer que le *système n'est pas en état d'équilibre* chimique.
**b-** Préciser, en le justifiant, le sens d'évolution spontanée du système.
**c-** Déterminer la composition molaire finale du mélange réactionnel.

**4°/** On réalise la *même expérience à une température* $T'_1$ différente de $T_1$.
Sur la figure -2- on a représenté les courbes ($C_1$) et ($C_1$') représentant l'évolution de la quantité de matière d'acide restant respectivement aux températures $T_1$ et $T'_1$.
**a-** Quel caractère énergétique peut-on donner à cette réaction? Expliquer.
**b-** Comparer, en justifiant, $T_1$ et $T'_1$.
**c-**
**$c_1$-** Exprimer la vitesse de la *réaction d'estérification* en fonction de la quantité de matière d'acide restant.
**$c_2$-** Calculer la vitesse de cette *réaction à t=0 pour chaque température* $T_1$ et $T'_1$. Conclure.

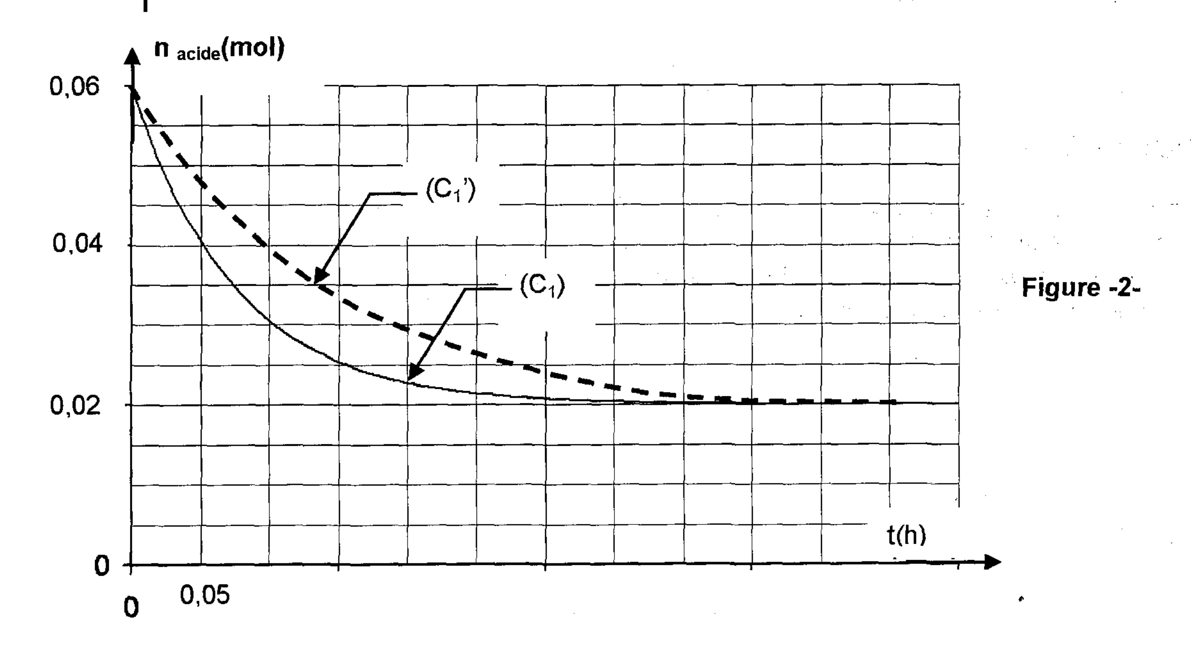



Figure -2-

**5°/** On fait réagir maintenant **0,4mol** de l'ester (E) obtenu précédemment avec **0,4mol** d'eau, la réaction ramène à la formation de l'acide éthanoïque et de l'éthanol.

**a-** De quelle réaction s'agit-il?

**b-** Déterminer la composition molaire finale du mélange réactionnel.

**c-** Représenter dans le système d'axes l'allure des courbes représentant l'évolution des quantités de matière de l'ester et de l'acide présents dans le mélange réactionnel en fonction du temps.

## *Exercice N°2:*

On étudie la réaction d'hydrolyse d'un ester **(E)** de formule : $H-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$

Cette réaction donne un alcool **(A)** et un acide **(B).**

**1°/** Ecrire l'équation de la réaction en utilisant les formules semi-développées.

**2°/** A l'origine des dates **(t=0),** on mélange **a** moles de **(E)** et **a** moles d'eau et deux gouttes d'acide sulfurique concentré ( l'expérience montre que ces deux gouttes peuvent être neutralisées par **1 mL** d'une solution **(S)** d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B$ **= 1 mol.L⁻¹**).

A différents dates, on détermine le nombre de moles d'ester restant, et on dresse le tableau suivant :

| t( min ) | 0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n_{Ester}$ ( $10^{-3}$ mol) | 15 | 13,5 | 12,3 | 11,8 | 11,4 | 10,6 | 10 | 9,3 | 9 | 9 | 9 |

**a-** La réaction serait-elle possible spontanément en absence de l'acide sulfurique ? Expliquer.

**b-** Indiquer la valeur de **a**.

**c-** Déterminer la composition du mélange à l'équilibre et en déduire que la constante d'équilibre **K= 0,44**.

**d-** Calculer la taux d'avancement final de la réaction. Quel caractère de cette réaction peut-on déduire.

**e-** Quel volume $V_B$ de la solution **(S)** faut-il verser sur le mélange réactionnel à l'instant de date **t=50min**, pour neutraliser les acides de ce mélange?

**3°/** Dans une deuxième expérience on mélange à l'origine des date :

**0,15 mol de (E) ; 0,15 mol d'eau ; 0,3 mol de (A) et 0,3 mol de (B)**

**a-** Vérifier que le système n'est pas en état d'équilibre. Préciser en le justifiant le sens d'évolution spontané du système.
**b-** Déterminer la composition du mélange à l'équilibre.
**c-** Le système étant en équilibre, quel volume d'eau doit-on ajouter pour que **10%** de l'ester soit hydrolysé.
**On donne : la masse volumique d'eau $\rho_{eau}$ = 1 g.cm$^{-3}$ ; H= 1 g.mol$^{-1}$ ; O= 16 g.mol$^{-1}$**

## *Exercice N°3:*

On considère la transformation chimique modélisée par la réaction chimique entre les ions $Fe^{3+}$ et les ions perchlorate $ClO_4^-$ qui aboutit à la formation des ions perchlorate de fer III $FeClO_4^{2+}$ symbolisée par l'équation suivante : $ClO_4^-{}_{aq} + Fe^{3+}{}_{aq} \rightleftarrows FeClO_4^{2+}{}_{aq}$

A t=0, on introduit **0,02 mol** d'ion $Fe^{3+}$ et **0,02mol** d'ion $ClO_4^-$, le mélange réactionnel formé est de volume constant **V=0,1L**. Lorsque l'équilibre est atteint la concentration molaire des ions perchlorate de fer III est égale à **0,11mol.L$^{-1}$**.

**1°/** Dresser le tableau descriptif d'évolution de cette transformation chimique.

**2°/** Montrer qu'il s'agit d'une transformation limitée.

**3°/** Exprimer puis calculer la constante d'équilibre de cette réaction.

**4°/** Lorsque l'équilibre est atteint, on introduit **20mL** d'eau distillée dans le mélange réactionnel.
**a-** Le système est-il en état d'équilibre chimique ou en évolution? Justifier.
**b-** Déduire la composition finale du mélange réactionnel.

## *Exercice N°4:*

On se propose d'étudier l'équilibre gazeux schématisé par l'équation suivante : $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$
**1°/** On part initialement de **2 moles** de $N_2O_4$, sous une pression P et à température T.
Le taux d'avancement de la réaction prend à l'équilibre la valeur $\tau_{f1}$ **=0,2.**
**a-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
**b-** Déduire la composition du mélange à l'équilibre.

**2°/** A l'équilibre on ajoute à la température T, à volume constant et sous la pression P, une quantité de $NO_2$. Préciser l'effet de l'augmentation de la quantité de $NO_2$ sur l'équilibre. Expliquer.

**3°/** On augmente, à pression constante, la température du système fermé initialement en équilibre décrit en 1°/, le taux d'avancement final de la réaction prend une nouvelle valeur $\tau_{f2}$ **=0,54**.

**a-** Comment varie la constante d'équilibre K de cette réaction.
**b-** Quel est le caractère énergétique de la réaction de synthèse de $N_2O_4$?

**4°/** Quelle est l'influence d'une diminution de pression, à volume et température constants, sur l'équilibre?

***Exercice N°5:***

Dans un récipient préalablement vide de volume V, on mélange **0,8 mol** de monoxyde de carbone CO(gaz) et **1,5 mol** de dihydrogène $H_2$ (gaz) à une température $T_1$.
L'équation de la réaction ayant lieu est : $CO_{(gaz)} + 2\ H_{2(gaz)} \rightleftarrows CH_3OH_{(gaz)}$.

Un dispositif approprié permet de mesurer le nombre de mole de $H_2$ (gaz) restant à un instant t. Les mesures ont montré que lorsque l'équilibre est atteint le nombre de mole de dihydrogène restant est égal à **0,9 mol**.

**1°/** Déterminer la valeur du taux d'avancement final de la réaction à la température $T_1$.

**2°/** L'équilibre précédent étant atteint, on augmente la température à pression constante on constate que le nombre de mole de dihydrogène présent à la fin de la réaction augmente.
Préciser, en le justifiant, le caractère énergétique de la réaction de synthèse du méthanol.

**3°/** *La température étant maintenue constante* et égale à $T_1$. Préciser, en le justifiant, l'effet d'une augmentation de la pression sur l'équilibre et sur la constante d'équilibre de la réaction.

**4°/** Comment varie la quantité de monoxyde de carbone CO présent à l'équilibre, si on additionne à température et volume constants du dihydrogène $H_2$? Justifier la réponse.

CORRECTION

## Exercice N°1:

**1°/**

**a-** $CH_3-CO_2H$ + $HO-CH_2-CH_3$ $\rightleftarrows$ $CH_3-CO_2-CH_2-CH_3$ + $H_2O$

$CH_3-CO_2-CH_2-CH_3$ : Ethanoate d'éthyle.

**b-** L'acide éthanoïque est un réactif sa quantité de matière diminue au cours du temps donc la courbe décroissante associée à ($C_1$) représente l'évolution de la quantité de matière de l'acide éthanoïque.

**c-**

| | Acide + | Alcool $\rightleftarrows$ | Ester + | Eau | . |
|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,06 | 0,06 | 0 | 0 | mol. |
| A $t_f$ | 0,06 – x | 0,06 – x | x | x | mol. |
| A $t_f$ | 0,06 – $x_f$ | 0,06 –$x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | mol. |

**d-** $\tau_f = \dfrac{xf}{x_m}$.

$xf = n_{Ester/Final}$ =0,04mol. (Graphiquement)

En supposant que la réaction est totale : $0,06 - x \geq 0$ donc $x \leq 0,06$ mol d'où $x_{max}$ = 0,06 mol.

AN : $\tau_f = \dfrac{0,04}{0,06}$ = 0,66.

**e-** La réaction est limitée et lente.

**2°/**

**a-** $K = \pi_{éq} = \dfrac{[Ester].[Eau]}{[Alcool].[Acide]} = \dfrac{\frac{n(Ester)}{V}.\frac{n(Eau)}{V}}{\frac{n(Alcool)}{V}.\frac{n(Acide)}{V}} = \dfrac{n(Ester).n(Eau)}{n(Alcool).n(Acide)} = \dfrac{{x_f}^2}{(0,06-x_f)^2}$.

**b-** AN : $K = \dfrac{0,04^2}{0,02^2} = 4$.

**3°/**

**a-**

| | Acide + | Alcool $\rightleftarrows$ | Ester + | Eau | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,05 | mol |
| A $t_f$ | 0,2 - $x_f$ | 0,2 - $x_f$ | 0,05 + $x_f$ | 0,05 + $x_f$ | mol |

$\pi = \dfrac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}}$. AN : $\pi = \dfrac{0,05^2}{0,2^2}$ = 0,0625. $\pi \neq K$ : Le système n'est pas en état d'équilibre chimique.

**b-** $\pi$ < K alors le système évolue spontanément dans le sens direct (réaction d'hydrolyse spontanée).

**c-** K= $\dfrac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}} = \dfrac{(0,05+x_f)^2}{(0,2-x_f)^2}$ alors $\dfrac{0,05+x_f}{0,2-x_f}$ = 2 quelque soit $0 \prec x_f \prec 0,2$ (mol) alors $x_f$ = 0,116 mol.

D'où la composition du mélange à l'équilibre : n(ester) = n(eau) = 0,05 + $x_f$ = 0,166 mol.

n( acide) = n(alcool) = 0,2 - $x_f$ = 0,084 mol.

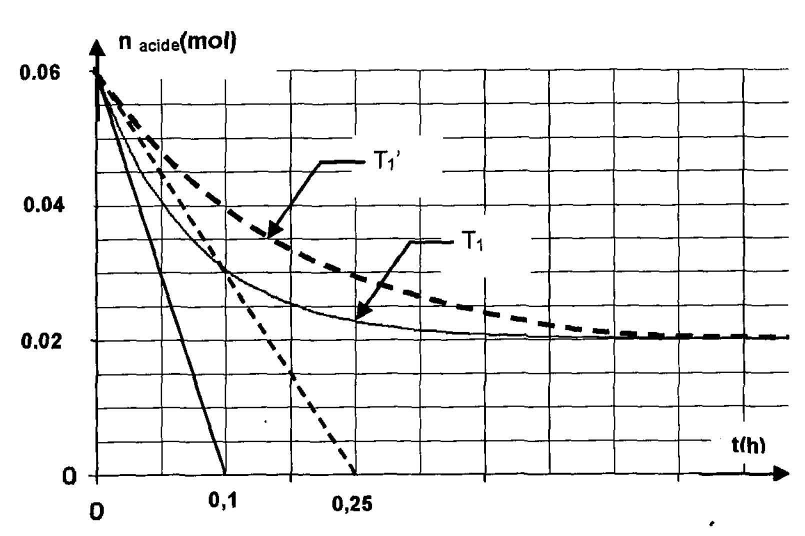
**4°/**

**a-** Par variation de la température, la composition finale du mélange réactionnel ne varie pas donc il s'agit d'une réaction athermique et la température joue le rôle d'un facteur cinétique.

**b-** La réaction est plus lente à la température $T_1'$ donc $T_1' < T_1$ .

**c-c₁-** $v(t) = \frac{dx}{dt} = -\frac{dn_{(Ac)}}{dt}$.

**c₂-**




$v(t=0) = -$ Coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_{(Ac)} = f(t)$ à l'instant t=0.

A la température $T_1$ : $v(t=0) = -\left(\frac{(0,06-0)}{0-0,1}\right) = 0,6 mol.h^{-1}$.

A la température $T_1'$ : $v(t=0) = -\left(\frac{(0,06-0)}{0-0,2}\right) = 0,3 mol.h^{-1}$.

$v(t=0)_{/T_1} \succ v(t=0)_{/T_1'}$ par diminution de la température, la vitesse de la réaction à l'instant t=0 diminue.

**5°/**

**a-** Réaction d'hydrolyse d'un ester.

**b-**

| | Ester + | eau ⇄ | Acide + | Alcool | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,4 | 0,4 | 0 | 0 | mol |
| A $t_f$ | 0,4 - $x_f$ | 0,4 - $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | mol |

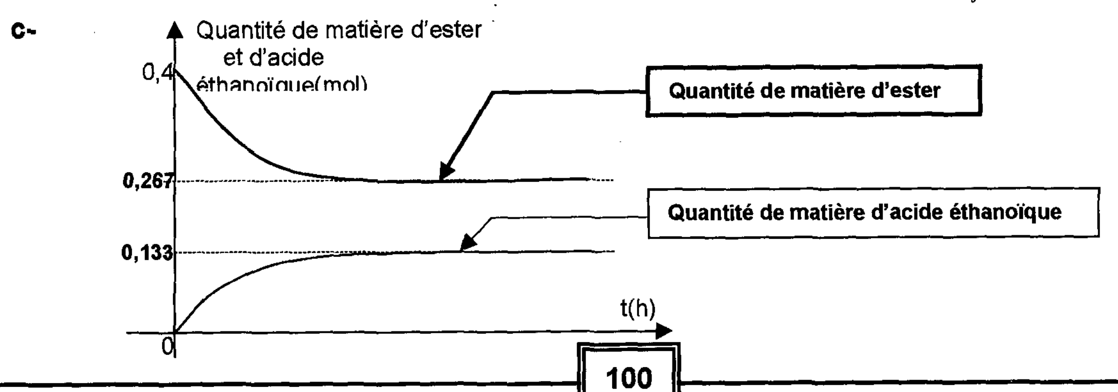
$K_{Hydrolyse} = \frac{1}{K} = \frac{n_{acide}.n_{alcool}}{n_{ester}.n_{eau}} = \frac{{x_f}^2}{(0,4-x_f)^2} = 0,25$ quelque soit $0 \prec x_f \prec 0,4$ (mol).

Par suite $\frac{x_f}{0,4-x_f} = 0,5$ d'ou $x_f = 0,133 mol$.

D'où la composition du mélange à l'équilibre : n(ester) = n(eau) = 0,4 - $x_f$ = 0,267 mol.

n( acide) = n(alcool) = $x_f$ = 0,133 mol.

**c-**



***Exercice N°2:***

**1°/** $HCOO—CH(CH_3)—CH_3 + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + CH_3—CH(OH)—CH_3$

**2°/**

**a-** Oui, la réaction d'estérification est possible spontanément en absence de l'acide sulfurique ce dernier joue le rôle d'un catalyseur.

**b-** a = $n(ester)_{/t=0}$ = $15.10^{-3}$ mol (d'après le tableau ).

**c-**

| | Ester | + | Eau | ⇄ | Acide | + | Alcool. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | a | | a | | 0 | | 0 | mol |
| A $t_f$ | a-$x_f$ | | a-$x_f$ | | $x_f$ | | $x_f$ | mol |

A la fin de la réaction le nombre de mole de l'ester reste constant et égal à $9.10^{-3}$ mol

$\Rightarrow$ a- $x_f$ = $9.10^{-3}$ mol d'où $x_f$ = a - $9.10^{-3}$ AN: $x_f$ = $6.10^{-3}$ mol.

Composition finale du mélange réactionnel :

- $n(ester)_{/f} = n(eau)_{/f} = 9.10^{-3}$ mol .
- $n(acide)_{/f} = n(alcool)_{/f} = 6.10^{-3}$ mol .

$$K = \pi_{éq} = \frac{[Alcool].[Acide]}{[Ester].[Eau]} = \frac{\frac{n(Alcool)}{V}.\frac{n(Acide)}{V}}{\frac{n(Ester)}{V}.\frac{n(Eau)}{V}} = \frac{n(Alcool).n(Acide)}{n(Ester).n(Eau)}.\ \text{AN:}\ K = \frac{(6.10^{-3})^2}{(9.10^{-3})^2} = 0,44\,.$$

**d-** $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_{\max}}$ ;

* $x_f = 6.10^{-3}$ mol

* $x_{max} = 15.10^{-3}$ mol.

AN: $\tau_f = \dfrac{6.10^{-3}}{15.10^{-3}} = 0,4$ , $\tau_f \prec 1$ : La réaction d'estérification est alors limitée.

**e-** A t= 50min ; n(ester) = a-x = $10^{-2}$ mol $\Rightarrow$ x = n(acide) = a - $10^{-2}$

AN : x = $5.10^{-3}$ mol.

A l'équivalence acido-basique :n(acide) = $C_B.V_{BE}$ d'où $V_{BE} = \dfrac{n(acide)}{C_B}$ AN : $V_{BE} = \dfrac{5.10^{-3}}{1}$ = $5.10^{-3}$ L

Le volume total de la solution basique versé est alors $V_{total} = V_{BE} + 10^{-3}$

$V_{total} = 6.10^{-3}$ L = 6mL

**3°/**

**a-** $\pi = \dfrac{[Alcool].[Acide]}{[Ester].[Eau]} = \dfrac{n(Alcool).n(Acide)}{n(Ester).n(Eau)}$ AN: $\pi = \dfrac{0,3.0,3}{0,15.0,15} = 4 \neq K$ $\Rightarrow$ Le système n'est pas alors en équilibre chimique

$\pi \succ K$ , le système évolue spontanément dans le sens inverse.

**b-**

| | Ester | + | Eau | ⇄ | Acide | + | Alcool. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,15 | | 0,15 | | 0,3 | | 0,3 | mol |
| A $t_f$ | 0,15+$x_f$ | | 0,15+$x_f$ | | 0,3-$x_f$ | | 0,3-$x_f$ | mol |

A l'équilibre $K = \dfrac{(0,3-x_f)^2}{(0,15+x_f)^2} \Leftrightarrow \sqrt{K} = \dfrac{0,3-x_f}{0,15-x_f}$ AN: $x_f$ = 0,1205 mol

D'où la composition du mélange à l'équilibre :

- n(ester) = n(eau) = 0,15 + 0,1205 = 0,2705 mol.
- n( acide) = n(alcool) = 0,3 –0,1205 = 0,1795 mol.

c-

| | Ester | + | Eau | ⇄ | Acide | + | Alcool. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,2705 | | 0,2705 +n | | 0,1795 | | 0,1795 | mol |
| A $t_f$ | 0,2705-$x_f$ | | 0,2705+n-$x_f$ | | 0,1795+$x_f$ | | 0,1795+$x_f$ | mol |
| | 0,243 | | 0,243+n | | 0,2065 | | 0,2065 | mol |

$x_f$ = 0,2705 . 0,1 = 0,027 mol

$K=\frac{0,2065^2}{0,243\times(0,243+n)}=0,44 \Rightarrow$ n = [0,2065²/(0,243 x K)] – 0,243 $\Rightarrow$ AN :n =0,1557 mol

Sachant que :

- $n=\frac{m_{(H_2O)}}{M_{(H_2O)}} \Leftrightarrow m_{(H_2O)}=n.M_{(H_2O)}$ AN: $m_{(H2O)}$ = 2,8g
- $\rho_{(H_2O)}=\frac{m_{(H_2O)}}{v_{(H_2O)}} \Leftrightarrow v_{(H_2O)}=\frac{m_{(H_2O)}}{\rho_{(H_2O)}}$

AN : $v_{(H_2O)}=\frac{2,8}{1}=2,8mL$

***Exercice N°3:***

1°/

| | $ClO_4^-{}_{aq}$ | + | $Fe^{3+}{}_{aq}$ | ⇄ | $FeClO_4^{2+}{}_{aq}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,02 | | 0,02 | | 0 | mol. |
| A $0 \prec t \prec t_f$ | 0,02 – x | | 0,02 – x | | x | mol. |
| A $t_f$ | 0,02 – $x_f$ | | 0,02 –$x_f$ | | $x_f$ | mol. |

2°/ $x_f = n_{FeClO_4^{2+}{}_{aq}} = \left[FeClO_4^{2+}\right]_f \times v$.

AN: $x_f = 0,11\times 0,1 = 0,011 mol.$

$x_m$ =0,02mol puisque $x_m \prec x_f$ alors il s'agit d'une transformation limitée.

3°/ K= $\pi_{éq}=\frac{\left[FeClO_4^{2+}\right]_{éq}}{\left[ClO_4^-\right]_{éq}\left[Fe^{3+}\right]_{éq}}=\frac{x_f.v}{(9.10^{-3})^2}=\frac{0,011\times0,1}{(9.10^{-3})^2}.AN:K=13,58.$

4°/

a- $\pi=\frac{0,011\times0,12}{(9.10^{-3})^2}=16,29\neq K$ alors le système n'est plus en équilibre chimique, il est en évolution.

b- $\pi \succ K$ alors le système évolue spontanément dans le sens inverse

| | $ClO_4^-{}_{aq}$ | + | $Fe^{3+}{}_{aq}$ | ⇄ | $FeClO_4^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,009 | | 0,009 | | 0,011 | mol. |
| A $t_f$ | 0,009+ $x_f$ | | 0,009+$x_f$ | | 0,011- $x_f$ | mol. |

$$13,58 = \frac{(0,011 - x_f) \times 0,12}{(9.10^{-3} + x_f)^2} alors :$$

$$1,1.10^{-3} + 13,58x_f^{\ 2} + 0,244x_f = 1,32.10^{-3} - 0,12x_f.$$

$$13,58x_f^{\ 2} + 0,364x_f - 2,2.10^{-4} = 0$$

$$D'ou : x_{f_1} = 5,91.10^{-4} mol$$

$$x_{f_2} = -2,739.10^{-2} mol \prec 0 (rejeté).$$

Composition finale : $n_{ClO_4^- f} = 9,59.10^{-3} mol$, $n_{Fe^{3+} f} = 9,59.10^{-3} mol$ et $n_{FeClO_4^{2+} f} = 0,0104 mol.$

## Exercice N°4:

**1°/**

**a-** $N_2O_4$ (g) ⇄ 2 $NO_2$ (g)

| | $N_2O_4$ (g) | 2 $NO_2$ (g) | |
|---|---|---|---|
| t=0s | 2 | 0 | mol |
| t | 2- x | 2 x | mol |
| t=$t_f$ | 2- $x_f$ | 2 $x_f$ | mol |

**b-** $\tau_{f_1} = \frac{x_f}{x_m} = \frac{x_f}{2}$ alors $x_f = 2\ \tau_{f_1}$. AN : $x_f = 2 \times 0,2 = 0,4$ mol par suite

$n(N_2O_4)_{éq} = 1,6$ mol et $n(NO_2)_{éq} = 0,8$ mol.

**2°/** Un système est en état d'équilibre à volume constante, une augmentation de la concentration de $NO_2$ favorise l'évolution du système dans le sens de la réaction qui tend à diminuer la concentration de $NO_2$, c'est le sens inverse.

**3°/**

**a-** Une augmentation de la température provoque l'augmentation de la valeur de $\tau_f$ ($\tau_{f_1} < \tau_{f_2}$) alors $x_{f_1} < x_{f_2}$ c-a-d que l'équilibre a évolué dans le sens direct, par suite la constante d'équilibre K augmente.

**b-** Suite a une augmentation de la température l'équilibre a évolué dans le sens direct (dissociation de $N_2O_4$) qui est endothermique car d'après la loi de modération un système est en état d'équilibre à pression constante, une augmentation de la température favorise l'évolution du système dans le sens de la réaction endothermique par suite le sens inverse (synthèse de $N_2O_4$) est exothermique.

**4°/** un système est en état d'équilibre à température et à volume constants, une diminution de la pression favorise le réaction qui tend à augmenter le nombre de mole du mélange gazeux (le sens direct).

***Exercice N°5***

**1°/**

| | CO(g) | + 2 $H_2$ (g) | ⇄ $CH_3OH$ (g) | |
|---|---|---|---|---|
| t=0s | 0,8 | 1,5 | 0 | mol. |
| t | 0,8 - x | 1,5 - 2x | x | mol. |
| t=$t_f$ | 0,8- $x_f$ | 1,5 - 2$x_f$ | $x_f$ | mol. |

* Détermination de $X_m$ : On suppose que la réaction est totale et on a $\frac{n_{CO)_0}}{1} > \frac{n_{H_2)_0}}{2}$ alors

1,5 - 2$x_m$ = 0 d'où $x_m$ = 0,75 mol.

* Détermination de $X_f$ : $n_{H_2)_{restant}}$ = 1,5 - 2$x_f$ = 0,9 mol d'où $X_f$= 0,3 mol.

* Détermination de $\tau_f$ : $\tau_f = \frac{x_f}{x_m}$. AN : $\tau_f = \frac{0,3}{0,75}$ = 0,4.

**2°/** Une augmentation de la température provoque l'augmentation du nombre de moles de dihydrogène restant c-a-d que l'équilibre a évolué dans le sens inverse qui est endothermique car d'après la loi de modération un système est en état d'équilibre à pression constante, une augmentation de la température favorise l'évolution du système dans le sens de la réaction endothermique par suite le sens direct (synthèse de méthanol) est exothermique.

**3°/** Un système est en état d'équilibre à température et à volume constants, une augmentation de la pression favorise le réaction qui tend à diminuer le nombre de mole du mélange gazeux (le sens direct) alors que la constante d'équilibre K reste constante, car elle dépend que de la température.

**4°/** Un système est en état d'équilibre à température et à volume constants, une augmentation de concentration de $H_2$ favorise le réaction qui tend à diminuer la concentration de $H_2$ ( sens direct) par suite la quantité de monoxyde de carbone CO diminue.

## L'ESSENTIEL DU COURS

**A-** Application de la loi d'action de masse aux réactions acide-base

*** Rappel** :

-Un monoacide est une entité chimique électriquement chargée ou non, capable de libérer un ion $H^+$ au cours d'une réaction chimique. $AH \rightleftarrows H^+ + A^-$.

- Une monobase est une entité chimique électriquement chargée ou non, capable de capter un ion $H^+$ au cours d'une réaction chimique. $B + H^+ \rightleftarrows BH^+$.
- Un couple acide base ($AH/A^-$ ou $BH^+/B$) est un ensemble d'un acide et d'une base conjuguée l'une de l'autre.
- Une réaction acide base résulte d'un transfert d'ion $H^+$d'un acide AH vers une base B d'un autre couple.$AH + B \rightleftarrows A^- + BH^+$.
  Les couples acide base mis en jeu sont $AH/A^-$et $BH^+/B$.
- Les couples Acide base de l'eau sont $H_3O^+/ H_2O$ et $H_2O/ OH^-$

* On considère la réaction acide base mettant en jeu les couples $A_1H/A_1^-$ et $A_2H/A_2^-$ :
$A_1H + A_2^- \rightleftarrows A_1^- + A_2H$.

*La loi d'action de masse appliquée à la réaction acide base:* $K=\dfrac{[A_1^-]_{éq}[A_2H]_{éq}}{[A_1H]_{éq}[A_2^-]_{éq}}$.

- Si k>1 l'acide $A_1H$ est plus fort que $A_2H$ et la base $A_2^-$ est plus forte que $A_1^-$.
- Si k<1 l'acide $A_2H$ est plus fort que $A_1H$ et la base $A_1^-$ est plus forte que $A_2^-$.
- Si k=1 l'acide $A_1H$ et $A_2H$ sont de force comparables et les bases $A_1^-$ et $A_2^-$ sont de forces comparables.

*** Remarques** :

- Le couple acide base ayant l'acide le plus fort possède la base conjuguée la plus faible.
- La base conjuguée d'un acide fort est inerte.
- La base conjuguée d'un acide faible est faible.
- La base conjuguée d'un acide inerte est forte.
- Si $k>10^4$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens direct.
- Si $k<10^{-4}$ alors la réaction est pratiquement totale dans le sens inverse.

* Condition d'évolution spontanée : $A_1H + A_2^- \rightleftarrows A_1^- + A_2H$.

$$\pi=\frac{[A_1^-][A_2H]}{[A_1H][A_2^-]} \text{ et } K=\frac{[A_1^-]_{éq}[A_2H]_{éq}}{[A_1H]_{éq}[A_2^-]_{éq}}.$$

- Si $\pi$<k la réaction directe se produit spontanément.
- Si $\pi$>k la réaction inverse se produit spontanément.
- Si $\pi$=k le système n'évolue pas spontanément, il est en état d'équilibre chimique.

* La constante d'acidité, Ka, d'un couple acide base $AH/A^-$ est la constante d'équilibre de la réaction de l'acide AH avec l'eau : $AH+ H_2O \rightleftarrows A^- + H_3O^+$

$K_a=\dfrac{[A^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[AH]_{eq}}$. $K_a$ ne dépend que de la température.

* Remarques :

- $pk_a= - \log k_a$ alors $k_a=10^{-pka}$
- Un acide est d'autant plus fort que la valeur de sa constante d'acidité $k_a$ est grande et quelle la valeur de son pka est faible.

- Pour la réaction : $A_1H + A_2^- \rightleftharpoons A_1^- + A_2H$. $K=\frac{[A_1^-]_{éq}[A_2H]_{éq}}{[A_1H]_{éq}[A_2^-]_{éq}} = \frac{k_{a_1}}{[H_3O^+]} \times \frac{[H_3O^+]}{K_{a_2}} = \frac{K_{a_1}}{K_{a_2}}$.

Alors $pk = pka_1 - pka_2$

* La constante de basicité $K_b$ d'un couple acide base est la constante d'équilibre de la réaction de la base avec l'eau : $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$

$k_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$. $K_b$ ne dépend que de la température.

* **Remarques** :

$pk_b = -\log k_b$ alors $k_b = 10^{-pkb}$.

Une base est d'autant plus forte que la valeur de $K_b$ est grande et que la valeur de son $pK_b$ est faible.

Pour la réaction : $A_1H + A_2^- \rightleftharpoons A_1^- + A_2H$. $K=\frac{[A_1^-]_{éq}[A_2H]_{éq}}{[A_1H]_{éq}[A_2^-]_{éq}} = \frac{k_{b_2}}{[HO^-]} \times \frac{[HO^-]}{K_{b_1}} = \frac{K_{b_2}}{K_{b_1}}$.

alors $pK = pK_{b2} - pK_{b1}$

- Pour un couple acide base $AH/A^-$:

$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$. $K_a = \frac{[A^-]_{eq}[H_3O^+]_{eq}}{[AH]_{eq}}$

$A^- + H_2O \rightleftharpoons AH + OH^-$. $K_b = \frac{[AH]_{éq}[OH^-]_{éq}}{[A^-]_{éq}}$

$K_a.K_b = [H_3^+0]_{eq}.[OH^-]_{eq}$ = ke alors $pKa + pKb = pKe$ avec $pKe = -\log Ke$

A 25°C $Ke = [H_3^+0]_{eq}.[OH^-]_{eq} = 10^{-14}$ et $pKe = 14$.

A 25°C

$$K_{a(H_3O^+/H_2O)} = \frac{[H_3O^+]_{eq}[H_2O]_{eq}}{[H_3O^+]_{eq}} = [H_2O]_{eq} = 55,55 \; ; \; K_{b(H_3O^+/H_2O)} = \frac{Ke}{K_{a(H_3O^+/H_2O)}} = 1,8.10^{-16}.$$

$$K_{a(H_2O/OH^-)} = \frac{[H_3O^+]_{eq}[OH^-]_{eq}}{[H_2O]_{eq}} = \frac{ke}{[H_2O]_{eq}} = 1,8.10^{-16} \; ; \; K_{a(H_2O/OH^-)} = \frac{Ke}{K_{b(H_2O/OH^-)}} = 55,55.$$

$K_{a(H_2O/OH^-)}$ — $K_{a(H_3O^+/H_2O)}$ — Ordre croissant de Ka des couples

L'acide AH est inerte | L'acide AH est faible | L'acide AH est fort

$K_{b(H_3O^+/H_2O)}$ — $K_{b(H_2O/OH^-)}$ — Ordre croissant de Kb des couples

La base $A^-$ est inerte | La base $A^-$ est faible | La base $A^-$ est forte

* Le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation d'un acide AH dans l'eau.
Si la concentration molaire de la solution d'acide AH $C_A > 10^{-6}$ mol.L$^{-1}$ et le pH de sa solution est inférieur à 6 alors on peut négliger la quantité de matière d'ion $OH^-$ provenant de l'ionisation propre de l'eau.

| | AH + $H_2O$ | $\rightleftarrows$ | $A^-$ + $H_3O^+$. | |
|---|---|---|---|---|
| A t=0 | $C_A.V_A$ - | | 0 0 | (En mol) |
| A $t_f$ | $C_A.V_A - x_f$ - | | $x_f$ $x_f = [H_3O^+].V_A = 10^{-pH}.V_A$ | (En mol) |

D'autre part : $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_m}$.

En supposant que la réaction est totale $C_A.V_A - x \geq 0$ alors $x \leq C_A.V_A$ d'ou $x_m = C_A.V_A$

par suite $\tau_f = \dfrac{[H_3O^+]V_A}{C_A V_A} = \dfrac{[H_3O^+]}{C_A} = \dfrac{10^{-pH}}{C_A}$.

Si l'acide est fort alors $[H_3O^+] = C_A$ d'où $\tau_f = 1$.

Si l'acide est faible alors $[H_3O^+] < C_A$ d'où $\tau_f < 1$.

* Deux solutions d'acide de même concentration C, l'acide le plus fort est celui dont le $\tau_f$ de sa réaction avec l'eau est le plus grand ou le pH de sa solution est le plus petit.
* Deux solutions d'acide de même pH, l'acide le plus fort est celui dont la concentration de sa solution aqueuse est la plus petite.
* Deux réactions d'ionisation dans l'eau de deux acides de même $\tau_f$, l'acide le plus fort est celui dont la concentration de sa solution aqueuse est la plus petite.

* Le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation d'une base B dans l'eau.
Si la concentration molaire de la solution de base B $C_B > 10^{-6}$ mol.L$^{-1}$ et le pH de sa solution est supérieur à 8 alors on peut négliger la quantité de matière d'ion $H_3O^+$ provenant de l'ionisation propre de l'eau.

| | B + $H_2O$ | $\rightleftarrows$ | $BH^+$ + $HO^-$. |
|---|---|---|---|
| A t=0 | $C_B$ - | | 0 0 mol. |
| A $t_f$ | $C_B - y_f$ - | | $y_f$ $y_f$ mol. |

* On suppose que la réaction est totale alors $C_B - y_m = 0$ alors $C_B = y_m$.
* $y_f = [OH^-] = \dfrac{Ke}{[H_3O^+]} = \dfrac{Ke}{10^{-pH}} = \dfrac{10^{-pKe}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pKe}$ d'où $\tau_f = \dfrac{y_f}{y_m} = \dfrac{10^{pH-pKe}}{C_B}$.

Si la base est forte alors $[OH^-] = C_B$ d'où $\tau_f = 1$.

Si la base est faible alors $[OH^-] < C_B$ d'où $\tau_f < 1$.

* Deux solutions de base de même concentration C, la base la plus forte est celle dont le $\tau_f$ de sa réaction avec l'eau est le plus grand ou le pH de sa solution est le plus grande.
* Deux solutions de base de même pH, la base la plus forte est celle dont la concentration de sa solution aqueuse est la plus petite.
* Deux réactions d'ionisation dans l'eau de deux bases de même $\tau_f$, la base la plus forte est celui dont la concentration de sa solution aqueuse est la plus petite.

## EXERCICES

### Exercice N°1 :

Un mélange de volume V contient à l'état d'équilibre dynamique les entités chimiques suivantes :

| Entité chimique | HF | $C_2O_4^{2-}$ | $HC_2O_4^-$ | $F^-$ |
|---|---|---|---|---|
| Quantité de matière (mol) | $10^{-2}$ | $10^{-2}$ | $2,5.10^{-3}$ | $4.10^{-3}$ |

**1°/**

**a-** Donner les couples acide base formés à partir des quatre entités chimiques précédentes.
**b-** Ecrire l'équation de la réaction qui met en jeu les deux couples tel que $HC_2O_4^-$ est un réactif.
**c-** Calculer la constante d'équilibre K de la réaction.
**d-** Classer les deux couples selon la force croissante de leurs bases.

**2°/** On ajoute au système en équilibre **$1,5.10^{-3}$ mol** de $HC_2O_4^-$ à la même température.
**a-** Indiquer, en justifiant la réponse, le sens d'évolution spontané de la transformation.
**b-** Calculer la nouvelle composition du mélange à l'équilibre.

### Exercice N°2 :

On dispose de deux solutions aqueuses d'acides supposés faibles.

* ($S_1$) est une solution d'acide méthanoïque (HCOOH) de concentration molaire **$C_1=10^{-2}$ mol.L$^{-1}$** et de $pH_1=2,85$.
* ($S_2$) est une solution d'acide **hypochloreux (HClO)** de concentration molaire **$C_2=10^{-2}$ mol.L$^{-1}$** et de $pH_2=4,75$.

Les mesures sont effectuées à **25°C** , température pour laquelle **$pKa_1$ ($HCOOH$ / $HCOO^-$) = 3,7.**

**1°/**

**a-** Ecrire les équations des réactions de chacun de ces deux acides avec l'eau.
**b-** Déterminer les taux d'avancement final ($\tau_{1f}$) et ($\tau_{2f}$) des réactions qui accompagnent la dissolution respectivement des acides HCOOH et HClO dans l'eau.
**c-** Comparer la force des acides et leurs bases bases conjuguées. Justifier la réponse.

**2°/** On considère la réaction acido-basique schématisée par l'équation suivante :

$$HClO + HCOO^- \rightleftarrows HCOOH + ClO^-$$

La constante d'équilibre relative à cette réaction chimique est **K= $1,6.10^{-4}$**.
**a-** Retrouver la comparaison de la force des acides et des bases des deux couples. Expliquer.

**b-** Exprimer la constante d'équilibre, K, de la réaction en fonction de $pKa_1$ et de $pKa_2$ du couple $HClO$ / $ClO^-$. Déduire la valeur de $pKa_2$ .

**3°/** On considère le système formé par les quatre espèces chimiques de concentrations :

$$\left[ClO^-\right]=\left[HCOOH\right]=0,01 mol.L^{-1} \quad \text{et} \quad \left[HClO\right]=\left[HCOO^-\right]=0,1 mol.L^{-1}$$

**a-** Dans quel sens évolue le système spontanément ? Justifier.
**b-** Déterminer la composition du *mélange ( en mol.L$^{-1}$) à la fin de la réaction.*

## Exercice N°3 :

Pour préparer **1 L** d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque ($S_1$), on dissout un volume $V_0$ **= 5,7 mL** d'acide éthanoïque liquide dans l'eau.

**1°/**

**a-** Déterminer la quantité d'acide éthanoïque, $n_A$, dissout dans l'eau.

**b-**Déduire la concentration molaire, $C_A$, de l'acide éthanoïque dans la solution ($S_1$).

**On donne :** Masse volumique de l'acide éthanoïque : $\rho_{(CH_3COOH)} = 1,05 g.cm^{-3}$

**M(C)=12 g.mol$^{-1}$ , M(H) = 1g. mol$^{-1}$ , M(O) = 16g.mol$^{-1}$.**

**2°/**

**a-** Dresser le tableau d'avancement correspondant à l'ionisation de l'acide éthanoïque dans l'eau.

**b-** Calculer le taux d'avancement final, $\tau_f$, de la réaction de dissociation ionique de l'acide éthanoïque dans l'eau ( on néglige la quantité des ions $H_3O^+$ provenant de l'ionisation propre de l'eau . Conclure.

**On donne : pH de la solution ($S_1$) = 2,9.**

**3°/** Le tableau suivant regroupe les valeurs des pKa de deux couples acide base $C_1$ et $C_2$.

| Couple acide/ base | $C_1$ : ....... / $NH_3$ | $C_2$ : HCOOH /.............. |
|---|---|---|
| pKa | **pKa$_1$ =9,24** | **pKa$_2$ = 3,75** |

**a-** Déterminer la forme acide du couple $C_1$ et la forme basique du couple $C_2$.

**b-** Comparer, en justifiant la réponse, la force des acides de ces deux couples acide/ base.

**c-** Ecrire l'équation de la réaction entre les espèces fortes des deux couples.

**d-** Exprimer la constante d'équilibre, K, de cette réaction en fonction de $pKa_1$ et de $pKa_2$. Calculer sa valeur.

CORRECTION

## Exercice N°1 :

**1°/**

**a-** $HF / F^-$ ; $HC_2O_4^- / C_2O_4^{2-}$.

**b-** $HC_2O_4^- + F^- \rightleftarrows C_2O_4^{2-} + HF$.

**c-** $$K = \pi_{éq} = \frac{[C_2O_4^{2-}][HF]}{[HC_2O_4^-][F^-]} = \frac{\frac{n_{C_2O_4^{2-}}}{V} \times \frac{n_{n_{HF}}}{V}}{\frac{n_{HC_2O_4^-}}{V} \times \frac{n_{n_{F^-}}}{V}} = \frac{n_{C_2O_4^{2-}} \times n_{n_{HF}}}{n_{HC_2O_4^-} \times n_{n_{F^-}}}$$ AN : $K = \dfrac{10^{-2} \times 10^{-2}}{2,5.10^{-3} \times 4.10^{-3}} = 10$.

**d-** $K = 10 \succ 1$, alors les espèces figurés dans les réactifs sont plus forts que ceux figurés dans les produits, par suite la base $F^-$ est plus forte que $C_2O_4^{2-}$.

$HC_2O_4^- / C_2O_4^{2-}$ —— $HF / F^-$ ⟶ Ordre de basicité croissante des couples

**2°/**

**a-** D'après la loi de modération relative aux concentrations, toute augmentation de la concentration de l'un des constituants d'un système en état d'équilibre chimique, à pression et température constante favorise le sens qui tend à diminuer la concentration de ce constituant ; par suite l'ajout de $1,5.10^{-3}$ mol de $HC_2O_4^-$ au système en équilibre favorise le sens directe.

**b-**

| | $HC_2O_4^-$ | + $F^-$ | ⇄ $C_2O_4^{2-}$ | + $HF$. | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | $4.10^{-3}$ | $4.10^{-3}$ | $10^{-2}$ | $10^{-2}$ | (En mol) |
| A $t_f$ | $4.10^{-3} - x_f$ | $4.10^{-3} - x_f$ | $10^{-2} + x_f$ | $10^{-2} + x_f$ | (En mol) |

$K = \pi_{éq} = \dfrac{n_{C_2O_4^{2-}} \times n_{n_{HF}}}{n_{HC_2O_4^-} \times n_{n_{F^-}}}$ alors $K = \dfrac{(10^{-2} + x_f)^2}{(4.10^{-3} - x_f)^2}$ par suite $\sqrt{10} = \dfrac{(10^{-2} + x_f)}{(4.10^{-3} - x_f)}$

d'où $0,0026 - 4,16 \times xf = 0$ on trouve alors $xf = 6,24.10^{-4} mol.$

Composition molaire du mélange final :

$$n_{HC_2O_4^-/f} = n_{F^-/f} = 4.10^{-3} - x_f .AN : n_{HC_2O_4^-/f} = n_{F^-/f} = 3,37.10^{-3} mol.$$

$$n_{C_2O_4^{2-}/f} = n_{HF/f} = 10^{-2} + x_f .AN : n_{C_2O_4^{2-}/f} = n_{HF/f} = 1,06.10^{-2} mol.$$

## Exercice N°2 :

**1°/**

**a-** $HCOOH + H_2O \rightleftarrows HCOO^- + H_3O^+$

$HClO + H_2O \rightleftarrows ClO^- + H_3O^+$

**b-** $\tau_{1f} = \dfrac{10^{-pH_1}}{C_1} .AN : \tau_{1f} = \dfrac{10^{-2,85}}{10^{-2}} = 0,14.$ $\tau_{2f} = \dfrac{10^{-pH_2}}{C_2} .AN : \tau_{2f} = \dfrac{10^{-4,75}}{10^{-2}} = 1,8.10^{-3}.$

c- $\tau_{1f} \succ \tau_{2f}$ : $C_1 = C_2$ l'acide HCOOH est plus fort que HClO.

Or le couple acide-base ayant l'acide le plus fort renferme la base la plus faible, alors la base $ClO^-$ est plus forte que $HCOO^-$

**2°/**

a- $K \prec 1$ : Les espèces figurées dans les produits sont plus fort que celles figurées dans les réactifs donc :

L'acide HCOOH est plus fort que HClO.

La base $ClO^-$ est plus forte que $HCOO^-$.

b- $$K = \left(\frac{[HCOOH]\times[ClO^-]}{[HCOO^-]\times[ClOH]}\times\frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}\right)_{éq} = \left(\frac{[HCOOH]}{[HCOO^-]\times[H_3O^+]}\times\frac{[H_3O^+]\times[ClO^-]}{[ClOH]}\right)_{éq} = \frac{Ka_2}{Ka_1}$$

$$d'ou : K = \frac{10^{-pKa_2}}{10^{-pKa_1}}.$$

Calcul de $pKa_2$ : $pKa_2 = pK + pKa_1$.

$AN : pKa_2 = 7,5.$

**3°/**

a-

$$\pi = \frac{[HCOOH]\times[ClO^-]}{[HCOO^-]\times[ClOH]}. AN : \pi = \frac{0,01^2}{0,1^2} = 10^{-2}.$$

$\pi \succ K$ : Le système évolue spontanément dans le sens inverse.

b-

| | HClO | + | $HCOO^-$ | $\rightleftarrows$ | HCOOH | + | $ClO^-$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| à t=0 : | 0,1 | | 0,1 | | 0,01 | | 0,01 | en $mol.L^{-1}$. |
| à $t=t_f$ : | $0,1+ y_f$ | | $0,1 + y_f$ | | $0,01 - y_f$ | | $0,01- y_f$ | en $mol.L^{-1}$. |

$K = \frac{(0,01-y_f)^2}{(0,1+y_f)^2}$ alors $\sqrt{K} = \frac{(0,01-y_f)}{(0,1+y_f)}$ par suite $0,01- y_f = 1,265.10^{-3} + 1,265.10^{-2}\, y_f$

D'où $y_f = 8,6.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$.

A l'équilibre, on a : $[HClO] = [HCOO^-] = 0,1086$ $mol.L^{-1}$ et $[ClO^-] = [HCOOH] = 1,4.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$.

**Exercice N°3 :**

**1°/**

**a-** $n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{\rho_A V_0}{M_{CH_3CO_2H}}$ .AN: $n_A = \frac{1,05 \times 5,7}{(12\times2+16\times2+4)} = 10^{-1}$ mol.

**b-** $C_A = \frac{n_A}{V}$ .AN: $C_A = \frac{0,1}{1} = 0,1$ mol.L$^{-1}$.

**2°/**

**a-**

| | $CH_3CO_2H$ + $H_2O$ | ⇄ | $A^-$ | + $H_3O^+$. | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | 0,1 | - | 0 | 0 | (En mol) |
| A $t_f$ | 0,1 - $x_f$ | - | $x_f$ | $x_f = [H_3O^+].V = 10^{-pH}.V$ | (En mol) |

**b-** $\tau_f = \frac{x_f}{x_m}$.

En supposant que la réaction est totale $C_A.V - x \geq 0$ alors $x \leq C_A.V$ d'ou $x_m = C_A.V$

par suite $\tau_f = \frac{[H_3O^+]V}{C_A V} = \frac{[H_3O^+]}{C_A} = \frac{10^{-pH}}{C_A}$ . AN : $\tau_f = \frac{10^{-2,9}}{0,1} = 0,012 < 1$ alors l'acide $CH_3CO_2H$ est un acide faible.

**3°/**

**a-** $C_1$ : $NH_4^+$ / $NH_3$ ; $C_2$ : HCOOH / <u>$HCOO^-$</u>.

**b-** $pKa_2 \succ pKa_1$. De deux couples acide base celui qui possède le pKa le plus petit renferme l'acide le plus fort donc l'acide HCOOH est plus fort que $NH_4^+$ .

**c-** $HCOOH + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + HCOO^-$ .

**d-** $K = \left(\frac{[HCOO^-].[NH_4^+]}{[NH_3][HCOOH]}\right)_{éq}$

$$K = \left(\frac{[HCOO^-].[NH_4^+]}{[NH_3][HCOOH]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]}\right)_{éq} = \left(\frac{[HCOO^-]\times[H_3O^+]}{[HCOOH]} \times \frac{[NH_4^+]}{[NH_3][H_3O^+]}\right)_{éq} = \frac{Ka_2}{Ka_1}$$

d'ou $K = \frac{10^{-pKa_2}}{10^{-pKa_1}}$ AN : $K = \frac{10^{-3,75}}{10^{-9,24}} = 3,09.10^5$.

# DEVOIRS...

CHIMIE :

**EXERCICE N°1 :**

On étudie la transformation des ions iodures $I^-$ avec les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ .
L'équation chimique qui symbolise *la réaction modélisant la transformation* est :

$$2I^- + S_2O_8^{2-} \longrightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$$

Pour étudier l'avancement de la réaction, on dose le diiode formé à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$. L'équation qui symbolise la réaction de dosage du diiode est :

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

Dans un bécher, on introduit un volume **$V_1$ = 40 $cm^3$** d'une solution d'iodure de potassium KI de concentration **$C_1$ = 0,5 mol.$L^{-1}$** et **2 $cm^3$** d'une solution d'empois d'amidon.
A l'aide d'une burette on ajoute un volume **$V_0$ = 0,5 $cm^3$** d'une solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration **$C_0$ = 1 mol.$L^{-1}$**.
A l'instant t= 0s on ajoute un volume **$V_2$ = 10 $cm^3$** d'une solution aqueuse de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration **$C_2$ = 0,15 mol.$L^{-1}$** et on déclenche le chronomètre, en suite on note l'instant $t_p$ au quel apparaît une coloration bleue dans le mélange à cet instant, on ajoute de nouveau au mélange un volume **$V_0$ = 0,5 $cm^3$** de la solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$.
On trace la courbe représentant les variations de l'avancement, x, de la réaction en fonction du temps

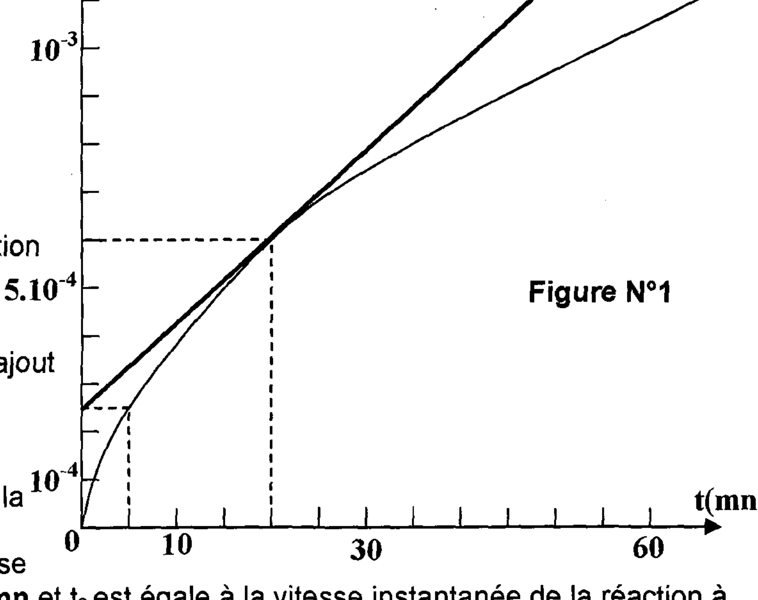


Figure N°1

**1°) a-** Pour quelle raison utilise-t-on la *solution d'empois d'amidon* ?
**b-** Expliquer pourquoi la couleur bleue n'apparaît pas entre deux rajouts successifs.

**2°) a-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système chimique.
**b-** Montrer que l'avancement de la réaction x à l'instant $t_p$ s'écrit : $x = \frac{1}{2}$ **p $C_0V_0$**.

Avec p *représente* le *nombre de fois d'ajout* du volume $V_0$.

**3°) a-** Définir la vitesse instantanée d'une réaction chimique.
**b-** Déterminer la valeur de la vitesse de la réaction à **$t_1$ = 20 mn**
**c-** Déterminer l'instant $t_3$ au quel la vitesse moyenne de la réaction entre **$t_2$ = 5 mn** et $t_3$ est égale à la vitesse instantanée de la réaction à **$t_1$ = 20 mn .**
**d-** Justifier graphiquement que la vitesse de la réaction diminue au cours du temps.

**4°) a-** Déterminer l'avancement final $x_f$ de la réaction.
**b-** Déterminer la concentration molaire des ions $I^-$ dans le mélange lorsque **p = 3.**

## EXERCICE N°2 :

L'équation bilan de la réduction totale et lente de l'eau oxygénée $H_2O_2$ par les ions iodure $I^-$ est :

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H_3O^+ \longrightarrow 4H_2O + I_2$$

La réaction de réduction de $H_2O_2$ dans un excès d'ions $H_3O^+$ est réalisée suivant les différentes conditions expérimentales précisées dans le tableau suivant :

| Numéro de l'expérience | (1) | (2) | (3) |
|---|---|---|---|
| Nombre de mole initial de $H_2O_2$ (en $10^{-3}$ mol) | $n_0$ | $n_0$ | $n_0$ |
| Nombre de mole initial de $I^-$ (en $10^{-3}$ mol) | 40 | 80 | 80 |
| Température du milieu réactionnel (°C) | 20 | 40 | 20 |

On suit l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps et on représente la courbe x= f(t) dans chaque expérience. Figure -1-

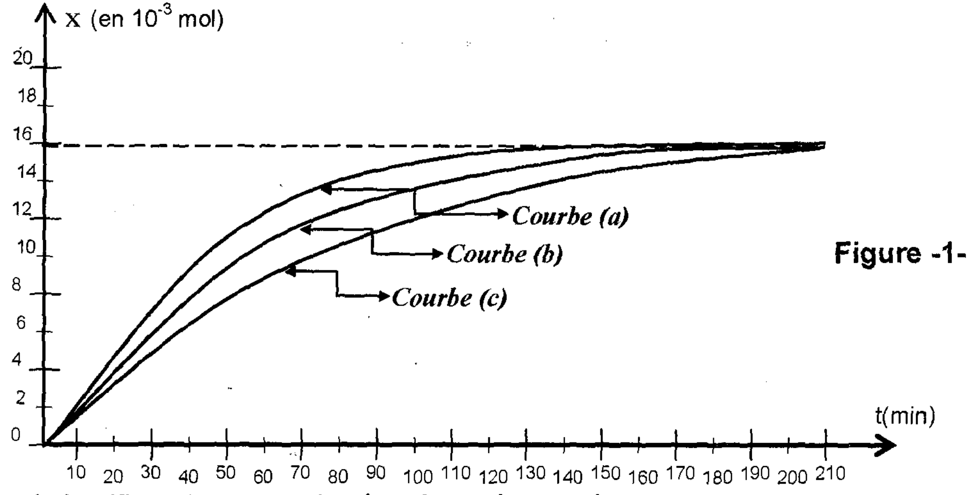



Figure -1-

**1°/** Préciser, en le justifiant, la nature du réactif en défaut, déduire la valeur de $n_0$.

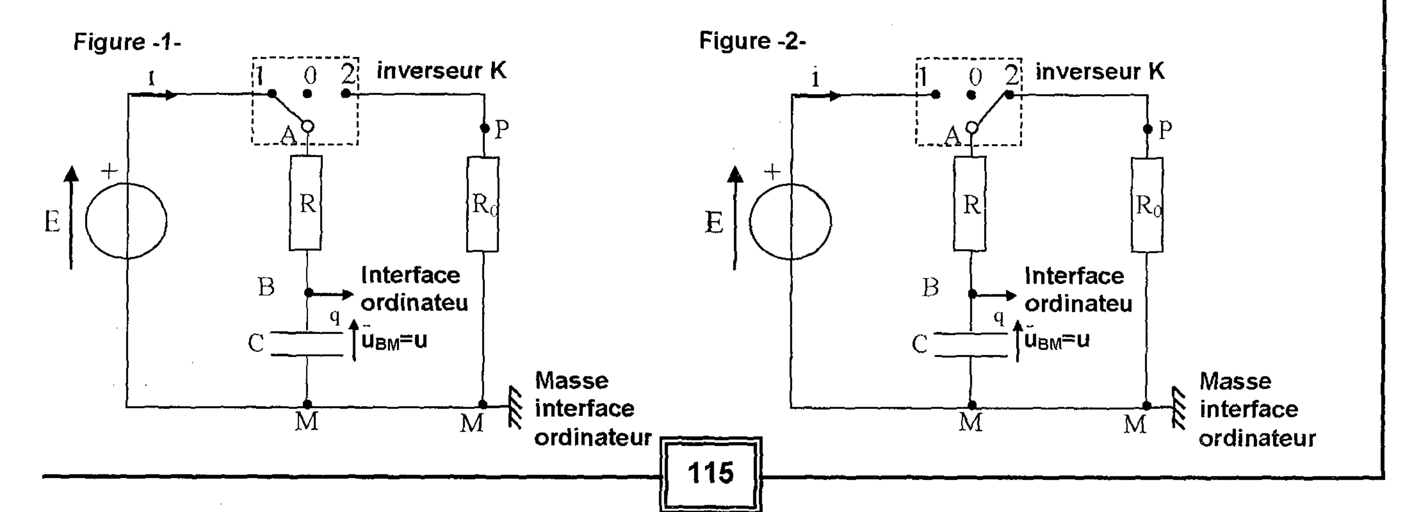
**2°/** Attribuer, en le justifiant, le numéro de l'expérience qui convient, à chacun des courbes (a),(b) et (c).

**3°/** L'ajout d'eau glacée permet de ralentir fortement l'évolution de la réaction de réduction de $H_2O_2$. Quels sont les facteurs cinétiques responsables de ce ralentissement.

# PHYSIQUE :

## EXERCICE N°1 :

L'expérience(1) met en œuvre la charge d'un condensateur de capacité $\mathbf{C_1}$, puis sa décharge.(figures 1et 2)



L'expérience -2- est identique mais le condensateur est différent, sa capacité est $C_2$.
Les évolutions de la tension $u_{BM}$ aux bornes du condensateur en fonction du temps sont obtenues par un dispositif informatisé et visibles sur le graphe de la figure -3-.

L'inverseur K est d'abord en position neutre 0 et le condensateur est déchargé. A **t = 0s**, on place l'inverseur K en position 1 et la charge du condensateur débute. Le passage non instantané de K, des positions 1 à 2, s'effectue entre les dates **$t_1$ = 300ms** et **$t_2$ = 500 ms**.
A $t_2$ débute la décharge.

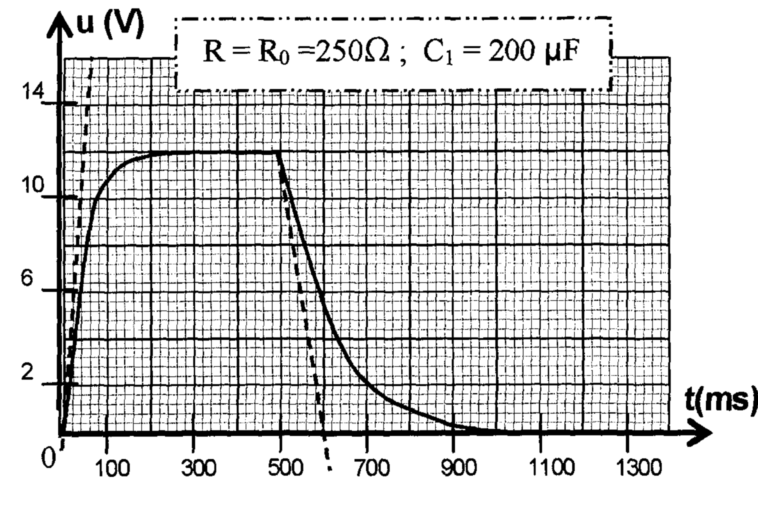


**Figure -3-**

On donne : **$R = R_0 = 250\ \Omega$** ; **$C_1 = 200\ \mu F$** ; Le générateur G délivre une tension constante **E = 12 V**
Dans tout le problème, le sens arbitraire positif choisi pour le courant dans la branche ABM est de A vers M.
Notations : $q_B = q$ ; $i = i_{BM}$ ; $u_{BM} = u$.

**Expérience-1-**

**1°/** On charge le condensateur: indiquer sur un schéma, le sens du déplacement des porteurs de charges, la polarité des armatures et le sens du courant.

**2°/ Charge : $0 < t < t_1$**

**a-** Etablir que l'équation différentielle vérifiée par $u_{BM} = u$ est de la forme $\tau_1 . \frac{du}{dt} + u = A$.

**b-** Déduire les valeurs respectives de $\tau_1$ et de A lors de la charge.
**c-** A partir de l'équation différentielle, déterminer l'unité de $\tau_1$. Quel est le nom donné à $\tau_1$ ?
**d-** Retrouver à partir de la figure -3- la valeur de $\tau_1$.
**e-** A l'aide du graphe de la figure -3-, déterminer la durée minimale nécessaire pour que l'on puisse pratiquement confondre u et E. Comparer cette durée à $\tau_1$.
**f-**
**$f_1$-** Vérifier que $u = E\,(1 - e^{-t/\tau})$ est une solution de l'équation différentielle vérifiée par u.
**$f_2$-** Calculer la valeur de l'intensité du courant électrique circulant dans le circuit à l'instant de date **t = 100 ms**.

**3°/** Passage non instantané de K des positions 1 à 2 : $t_1 < t < t_2$
**a-** Pourquoi la tension u reste-t-elle constante entre les deux dates $t_1$ et $t_2$ ?
**b-** Quelles sont les valeurs de i et q dans l'intervalle $t_1$ et $t_2$?

**4°/ Décharge : $t > t_2$**
K est en position 2 (à $t_2$, débute la décharge)

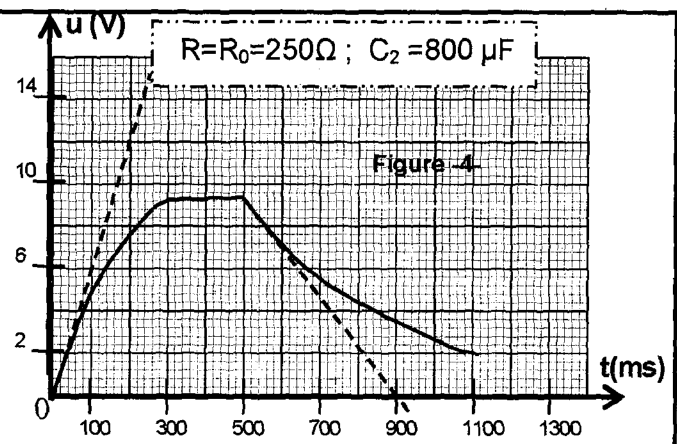
**a-** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u reste de la forme $\tau'_1 . \frac{du}{dt} + u = A'$.

**b-** En déduire les valeurs respectives de $\tau'_1$ et A'.
**c-** Comparer $\tau_1$ et $\tau'_1$. Fournir une explication permettant de justifier cette comparaison.

**Expérience-2**

Le condensateur précédent est remplacé par un autre de capacité $C_2 = 4C_1 = 800\ \mu F$ et on recommence la charge et la décharge. Figure-4-.

En s'inspirant des résultats précédents, interpréter les différences, entre les courbes des figures -3- et -4-.




## EXERCICE N°2 :

On réalise le circuit électrique de la figure -5- comprenant un GBF, une bobine de résistance r négligeable et d'inductance L et un résistor de résistance R montés en série.

Le GBF délivre une tension alternative triangulaire (tension en dents de scie) de fréquence N.

Un système d'acquisition de données relié à un ordinateur permet d'afficher à l'écran les variations en fonction du temps de la tension $u_1(t)$ aux bornes de la bobine et de l'intensité i(t) du courant qui circule dans le circuit .Figure -6- .

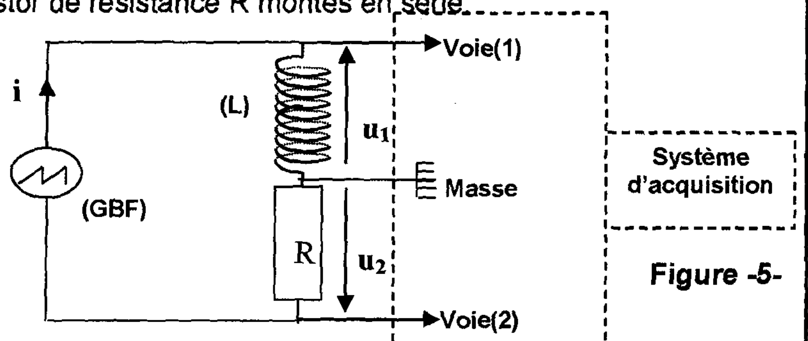



Figure -5-

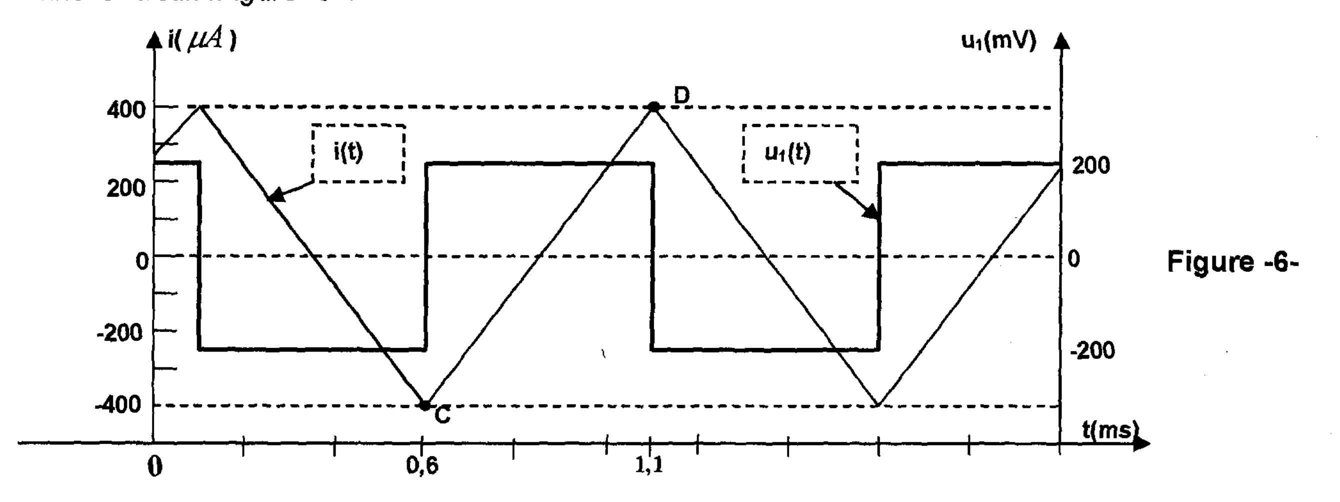



Figure -6-

**1°/a-** Vérifier à l'aide de la figure-6- que la fréquence du GBF est réglée sur **1 kHz**.

**b-** Exprimer en fonction de i la tension $u_2$ ? En déduire les opérations que devra effectuer le logiciel de traitement des données pour afficher l'intensité du courant i(t) à l'écran de l'ordinateur.

**2°/a-** Comment peut-t-on expliquer l'apparition d'un phénomène d'auto induction dans la bobine ?

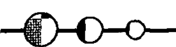
**b-** Exprimer la tension $u_1(t)$ aux bornes de la bobine en fonction de l'inductance L de la bobine et de l'intensité i du courant.

**3°/** A partir de la demi –période comprise entre les points C et D de la figure-6- .

**a-** Déterminer la valeur de $u_1$.

**b-** En déduire la valeur de l'inductance L.

**c-** Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine à l'instant **t= 0,6 ms**.



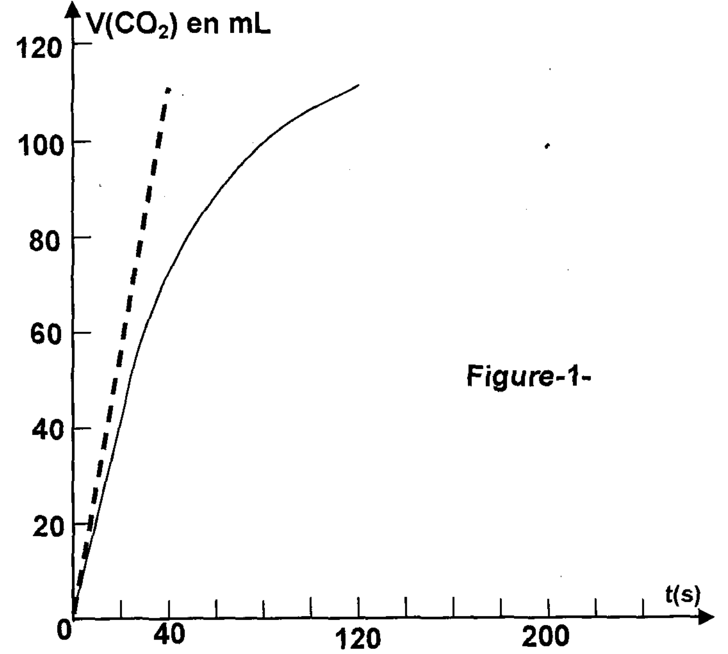
## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

On traite une masse **m= 2g** de carbonate de calcium $CaCO_3$ par un volume **V= 100 mL** d'une solution d'acide chlorhydrique HCl de concentration **C= 0,1 mol.L⁻¹**. On obtient la réaction lente et totale modélisée par l'équation : $CaCO_3 + 2\,H_3O^+ \longrightarrow 3\,H_2O + CO_2 + Ca^{2+}$

A l'aide d'un dispositif approprié, on mesure le volume $V(CO_2)$ de dioxyde de carbone dégagé, sous une *pression constante et à la température* **25°C**, à des instants différents.

On obtient le graphe de la figure-1-.




**1°/**

**a-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système et préciser le réactif limitant.

**b-** Déterminer l'avancement final $x_f$ de la réaction.

**c-** Compléter la courbe de la figure-1- sachant que la réaction se termine à la date **$t_f$= 200s**.

**2°/**

**a-** Définir le temps de demi-réaction et déterminer sa valeur.

**b-** Déterminer à cette date la masse de $CaCO_3$ restante et la concentration des ions $Ca^{2+}$ dans le mélange.

**3°/**

**a-** Etablir l'expression de la vitesse instantanée de la réaction en fonction de $V(CO_2)$.

**b-** Préciser graphiquement comment évolue cette vitesse au cours du temps.

**c-** Déterminer la valeur de la vitesse de la réaction à l'instant de date **$t_0$=0**, en déduire la date à laquelle la vitesse est **$V(t_1) = \frac{1}{3} V(t_0)$.**

**4°/a-** Montrer que le nombre de moles de $H_3O^+$ restant est donné par la relation : $n(H_3O^+) = CV - \frac{2V(CO_2)}{Vm}$.

**b-** Tracer l'allure de la courbe $n(H_3O^+) = f(t)$, en indiquant les points les plus remarquables.

**On donne : Masse molaire moléculaire de $(CaCO_3)$ = 100g.mol⁻¹.**
**Volume molaire Vm= 24 L.mol⁻¹ à 25°C.**

**c-** Quel est l'effet de l'addition d'une masse m' de $CaCO_3$ au mélange réactionnel sur la vitesse de la réaction à $t_0$=0 et sur son avancement maximal.

### EXERCICE N°2 :

On réalise l'oxydation des ions iodures par l'eau oxygénée supposée totale en milieu acide selon l'équation : $2\,H_3O^+ + 2\,I^- + 2\,H_3O^+ \longrightarrow 4\,H_2O + I_2$

**1°/**

**a-** Définir la vitesse instantanée de la réaction.

**b-** Comment évolue cette vitesse au cours du temps? Justifier.

**2°/** On effectue quatre expériences avec la même quantité d'acide en excès.

| Expérience | Température (°C) | $[H_2O_2]_{0m}$ (mmol.L$^{-1}$) | $[I^-]_{0m}$ (mmol.L$^{-1}$) | $\frac{dy}{dt}(mmol L^{-1}.s^{-1})$ à $t=0s$ |
|---|---|---|---|---|
| (1) | 20 | 30 | 100 | 2 |
| (2) | 20 | 30 | 200 | 4 |
| (3) | 20 | 40 | 100 | 2,8 |
| (4) | 35 | 40 | 100 | 6,6 |

**a-** Définir un facteur cinétique.

**b-** Montrer comment ces quatre expériences permettent de mettre en évidence certains facteurs cinétiques.

**3°/** Tracer dans le même système d'axes l'allure des courbes d'évolution de l'avancement volumique, y, en fonction du temps dans les expériences (2) et (3).

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

On considère le circuit électrique de la figure -2- formé par :

- Deux résistors de même résistance **R =500 Ω** .
- un condensateur initialement déchargé et de capacité C.
- Un générateur de tension de fem E.
- Un commutateur K.

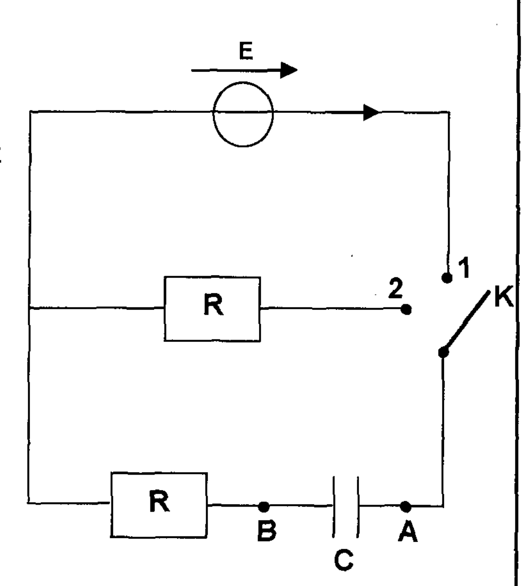



**Figure-2-**

**I/** A l'instant de date $t_0$=0, on place le commutateur K sur la position (1).

**1°/**

**a-** Montrer que l'équation différentielle régissant la variation de l'intensité, i, du courant électrique qui s'écrit sous la forme de : $RC.\frac{di}{dt}+i=0$.



**b-** Cette équation différentielle admet comme solution : $i(t)=Ae^{\alpha t}$.

Déterminer les constantes non nulles A et $\alpha$ .

**2°/** Un système informatisé et non représenté sur la figure -2- permet de tracer les courbes d'évolution, au cours du temps, de l'intensité i du courant électrique qui circule dans le circuit et celle de l'énergie électrostatique, Ec, emmagasinée dans le condensateur. Figure -3- et -4-.

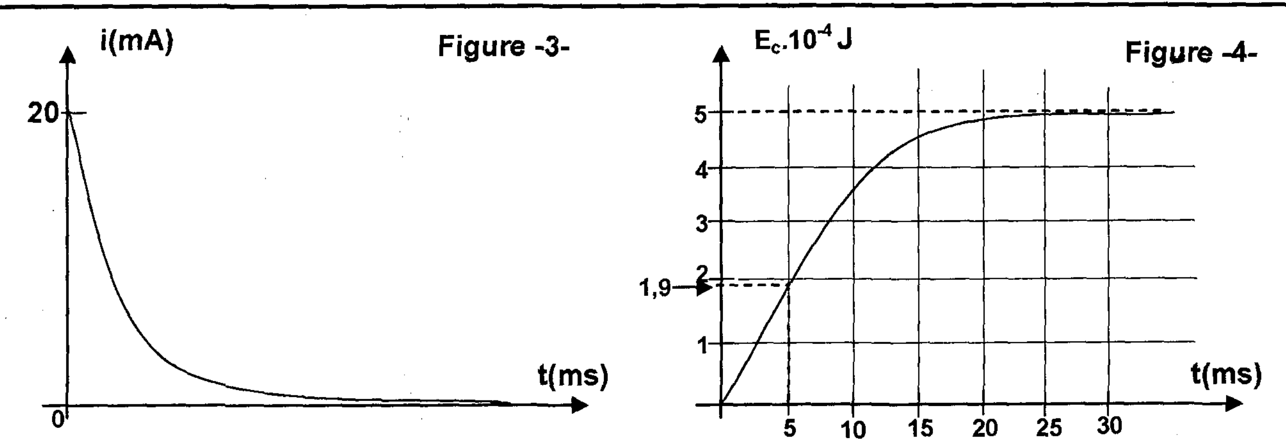
**a-** Montrer graphiquement qu'il s'agit d'un phénomène de charge du condensateur.

**b-** Déterminer :

**b₁-** La valeur de l'intensité, $I_0$, du courant électrique à $t_0$=0.

**b₂-** L'énergie électrique maximale stockée dans le condensateur.

**b₃-** La constante de temps $\tau$ du dipôle RC.




**3°/** Déterminer l'énergie emmagasinée dans le condensateur lorsque la tension à ses bornes $u_C = 3u_R$ .

**II/** Lorsque le condensateur atteint sa charge maximale et à une date prise comme nouvelle origine des temps, on bascule le commutateur K sur la position -2-.

**1°/** Nommer et expliquer le phénomène qui a eu lieu.

**2°/**

**a-** Déterminer la valeur de la constante de temps, $\tau'$, associé à ce phénomène.

**b-** Représenter dans le même système d'axes la tension électrique, $u_C(t)$, aux bornes du condensateur et la tension électrique, $u_R(t)$, aux bornes du dipôle résistor R en fonction du temps en précisant les coordonnées des points de début et de la fin du phénomène.

**3°/** Calculer l'énergie dissipée par effet joule entre les dates $t_0$=0 et t= $\tau'$ .

## EXERCICE N°2 :

On réalise le circuit électrique comprenant en série :

- Une bobine purement inductive d'inductance **L = 0,5 H**,
- Un résistor de résistance **R = 50 Ω**,
- Un générateur basse fréquence (GBF) délivrant une tension triangulaire.

Un oscilloscope branché comme c'est indiqué sur la figure-5-.
La sensibilité horizontale est réglée sur **10ms.div$^{-1}$** et la sensibilité verticale de la voie $Y_2$ sur **2 V/div**.
On obtient sur cette voie inversée, l'oscillogramme de la figure-6-

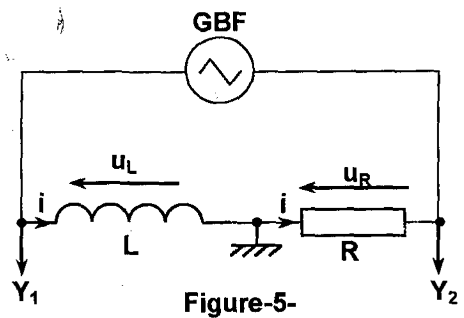



Figure-5-

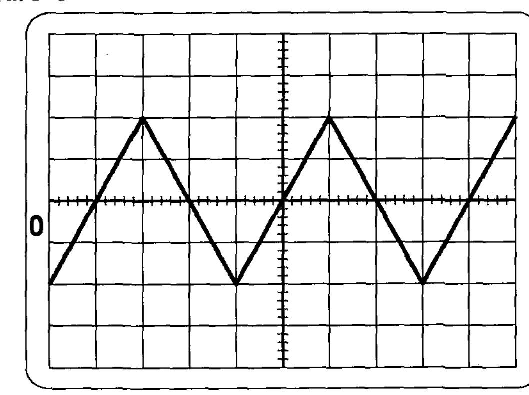



Figure-6-

**1°/** Quelle est la tension qui permet de suivre l'évolution de l'intensité **i** du courant.

**2°/**

**a-** Enoncer la loi de Lenz.

**b-** Montrer, qu'à tout instant, la bobine est le siège d'un phénomène d'auto induction électromagnétique.

**3°/** Calculer la force électromotrice d'auto-induction, e, dans la bobine entre **t=0s** et **40ms**.

**4°/** Tracer sur la figure-6-, l'oscillogramme obtenu sur la voie $Y_1$ réglée sur la sensibilité verticale **2V/div**.

**5°/** Le circuit de la figure- 7- est constitué d'un générateur de tension de fem E, d'une bobine (B) d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance $R_1$ de même valeur que r et de deux lampes ($L_1$) et ($L_2$) identiques. A l'origine des dates on ferme l'interrupteur.

**a-** Les deux lampes brillent-t-elles instantanément ? Expliquer.

**b-** En régime permanent, les deux lampes brillent-t-elles de la même manière? Expliquer

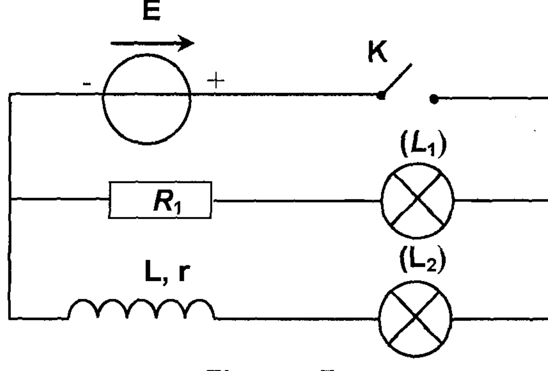
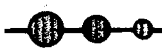



**Figure - 7-**



DUREE : 2 H

## EPREUVE -3-

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

On étudie la cinétique chimique de la réaction supposée totale et dont l'équation bilan est :

$$2\,H_3O^+ + H_2O_2 + 2\,I^- \rightarrow I_2 + 4\,H_2O$$

A l'instant t = 0 on mélange, à **25 °C**, dans un bécher :

* **$V_1$ = 100 mL** d'une solution aqueuse d'eau oxygénée $H_2O_2$ de concentration **$C_1$ = 4,5 $10^{-2}$ mol.$L^{-1}$**.
* **$V_2$ = 100 mL** d'une solution aqueuse d'iodure de potassium KI de concentration **$C_2$= 6 $10^{-2}$ mol.$L^{-1}$**.
* Un excès d'une solution d'acide sulfurique pur ($2\,H_3O^+ + SO_4^{2-}$).

**1°/**

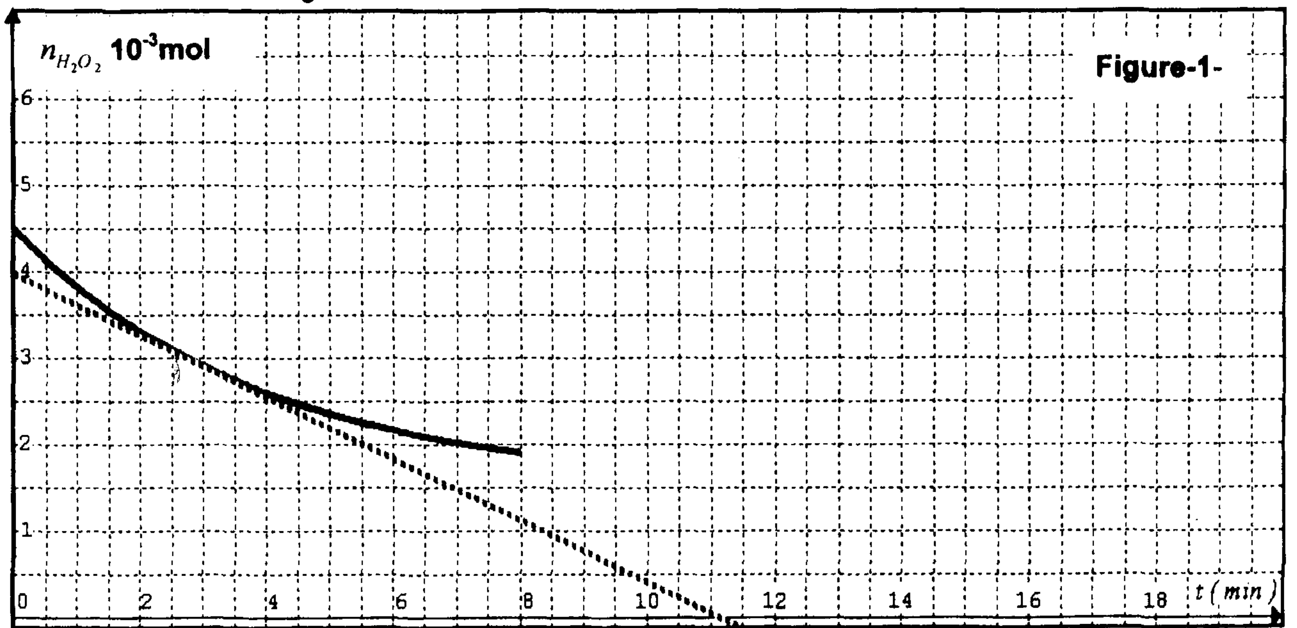
**a-** Vérifier que les quantités de matière initiales $n_0(I^-)$ des ions iodure $I^-$ et $n_0(H_2O_2)$ de l'eau oxygénée $H_2O_2$ dans le mélange, à t = 0, sont respectivement **$6.10^{-3}$ mol et $4,5.10^{-3}$ mol**.

**b-** Montrer que dans ce mélange, l'ion iodure $I^-$ constitue le **réactif limitant**.

**c-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système.

**d-** La réaction est supposée totale, déterminer l'avancement maximal de la réaction.

**2°/** Par un moyen approprié on suit l'évolution de la quantité de matière de $H_2O_2$, ceci a permis de tracer la courbe de la figure -1-.




**a-** Définir la vitesse instantanée de la réaction.

**b-** Déterminer son expression en fonction de $n_{H_2O_2}$.

**c-** Déterminer sa valeur à l'instant **$t_1$ = 3 min** en précisant la méthode utilisée.

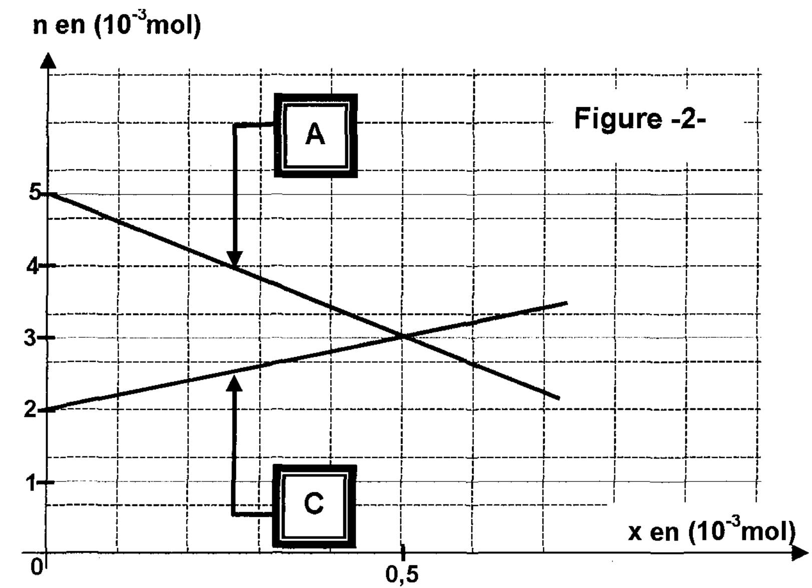
**d-** Comment varie cette vitesse au cours du temps?
Quel facteur cinétique est responsable à cette variation?

**3°/** Pour rendre la réaction plus rapide, on ajoute au mélange réactionnel quelques gouttes d'une solution aqueuse de sulfate de fer II contenant les ions $Fe^{2+}$ jouant le rôle d'un catalyseur.

**a-** Définir un catalyseur.

**b-** Compléter, sur la figure -1-, la courbe $n_{H_2O_2}$ = f (t) sachant que l'avancement final est atteint après **18 min** et représenter la nouvelle courbe en présence du catalyseur.

**EXERCICE N°2 :**




Soit la transformation chimique totale *modélisée par l'équation suivante :*

a A + b B → c C

On mélange à l'instant t = 0s :
**$5.10^{-3}$ mol** de A avec **n mol** de B et **$2.10^{-3}$ mol** de C.

Le graphe de la figure -2- représente l'évolution de la quantité de matière du réactif A et du produit C en fonction de l'avancement x de la réaction.

A l'instant de date égale au temps de demi- réaction on constate que :
**$n_A = n_C = 2.n_B$.**

**1°/**

**a-** Définir le temps de demi- réaction.

**b-** Dresser le tableau d'avancement de la réaction.

**c-** Déduire à partir du graphe la valeur de l'avancement final de cette réaction.



**2°/** En utilisant le graphe :

**a-** Montrer que le réactif A ne peut pas être limitant.

**b-** Calculer a, c.

**c-** Représenter la courbe $n_B$ = f( x )

**d-** Déduire :

**$d_1$-** La quantité de matière initiale n de B.

**$d_2$-** La valeur du coefficient stœchiométrique b.

## PHYSIQUE :

**EXERCICE N°1 :**

**PARTIE- A- : ETUDE D'UN CONDENSATEUR :**

On veut déterminer la valeur de la capacité $C_0$ d'un condensateur, pour cela, On réalise un circuit permettant d'obtenir la courbe de la figure -3- représentant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps uc = f (t).
L'intensité du courant dans le circuit est constante et vaut **I = 40 µA.**

**1°/** Proposer un schéma du montage permettant de tracer cette courbe.


**2°/** En exploitant la courbe uc = f (t) :

**a-** Déterminer l'équation de cette courbe.

**b-** En déduire la capacité $C_0$ du condensateur.

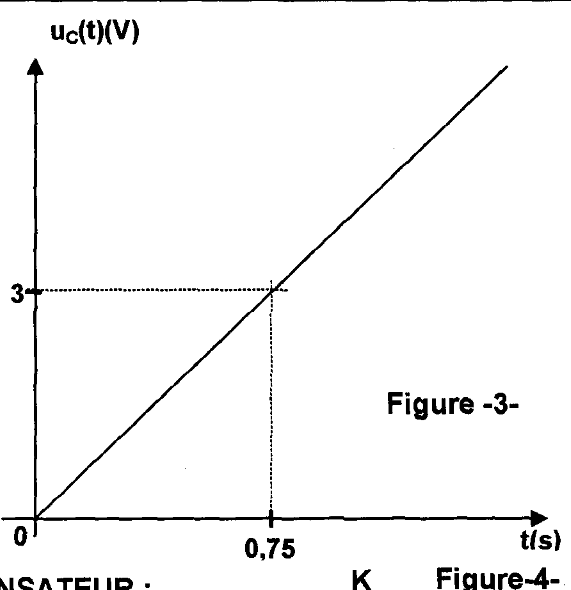



Figure -3-

**3°/** Déterminer la valeur de la permittivité absolue, **ε**, du diélectrique sachant que l'air de la surface en regard des deux armatures du condensateur est **S = 1,5 mm²** et que la distance entre les deux armatures est **e = 0,15 mm**.

**4°/** Calculer la tension $u_c$ aux bornes du condensateur ainsi que l'énergie stockée à l'instant de date **t = 1,5s.**

## PARTIE -B- : CHARGE ET DECHARGE D'UN CONDENSATEUR :

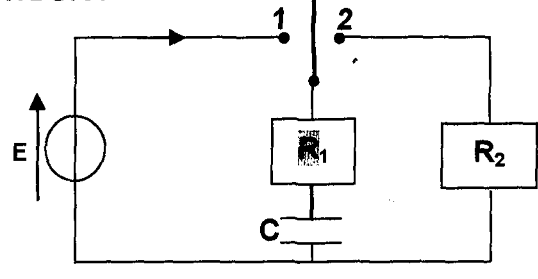
On considère le circuit représenté par la figure -4- formé par :

- Deux conducteurs ohmiques $R_1$ **= 1KΩ** et $R_2$ **= 2KΩ**.
- Un condensateur de capacité C.
- Un générateur de tension de fem E.
- Un commutateur K.

**1°/** On veut visualiser sur l'écran d'un oscilloscope bi courbe et à mémoire la tension électrique $u_C$ (aux bornes du condensateur) sur la voie A et la tension $u_G$ (aux bornes du générateur) sur la voie B.

Schématiser sur la figure-4- le branchement de l'oscilloscope.

Figure-4-




Masse M    Voie A

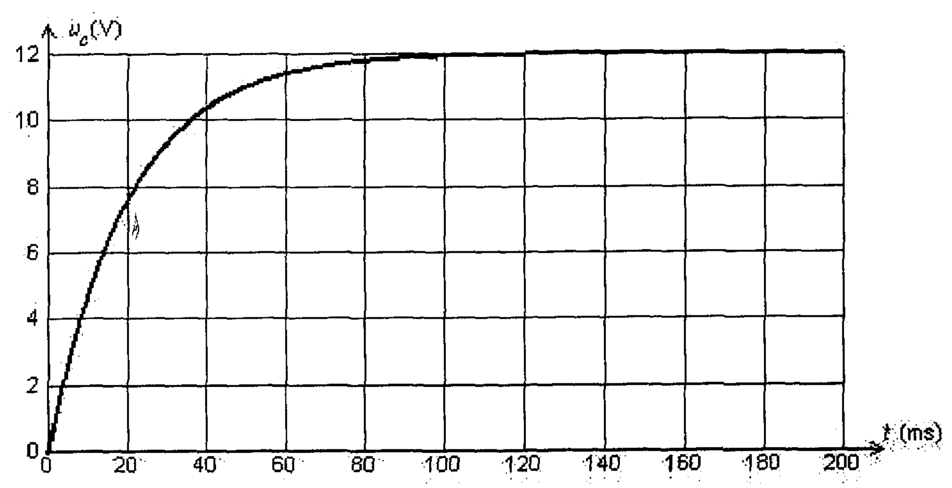



Figure-5-

**2°/** Le graphe de la figure -5- traduit l'évolution de la tension $u_c$ en fonction du temps.

**a-** Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur.

**b-** Vérifier que la tension $u_c(t) = E - E\, e^{\frac{-t}{\tau_1}}$ est une solution de cette équation différentielle.

**c-** Définir et donner l'expression de la constante $\tau_1$. Montrer qu'elle est homogène à une durée. Déterminer graphiquement sa valeur. Expliquer.

**3°/**

**a-** De quel phénomène s'agit-il? Justifier puis déduire la fem E du générateur.

**b-** Déduire la capacité, C, du condensateur.

**4°/** Déterminer la valeur de la tension électrique, $u_{R_1}$ , au bornes du conducteur ohmique $R_1$ aux instants de dates **$t_0$=0s** et **$t_1$=20ms**.

**5°/ Le commutateur K est sur la position (2) :**

**a-** De quel phénomène s'agit-il?

**b-** Exprimer puis calculer la constante de temps, $\tau_2$ , relative à ce phénomène.

**EXERCICE N°2 :**

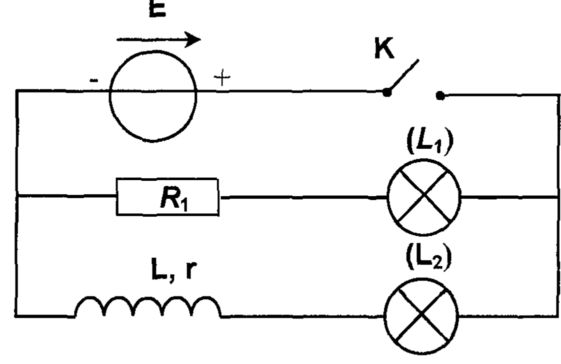


Figure - 6-

Le circuit de la figure- 6- est constitué d'un générateur de tension de fem E, d'une bobine (B) d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance $R_1$ de même valeur que r et de deux lampes ($L_1$) et ($L_2$) identiques.


**1°/**

**a-** Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K, les deux lampes ne s'allument pas simultanément : une lampe brille quasi – instantanément et l'autre brille avec retard. Quelle est la lampe qui s'allume la première?

**b-** *Expliquer pourquoi l'autre lampe s'allume-t-elle avec retard?*

**2°/** Une bobine (B') d'inductance **L = 25 mH**, supposée purement inductive, est branchée dans le circuit de la figure -7- , elle est parcourue par un courant électrique d'intensité variable au cours du temps comme l'indique la courbe de la figure -8-.

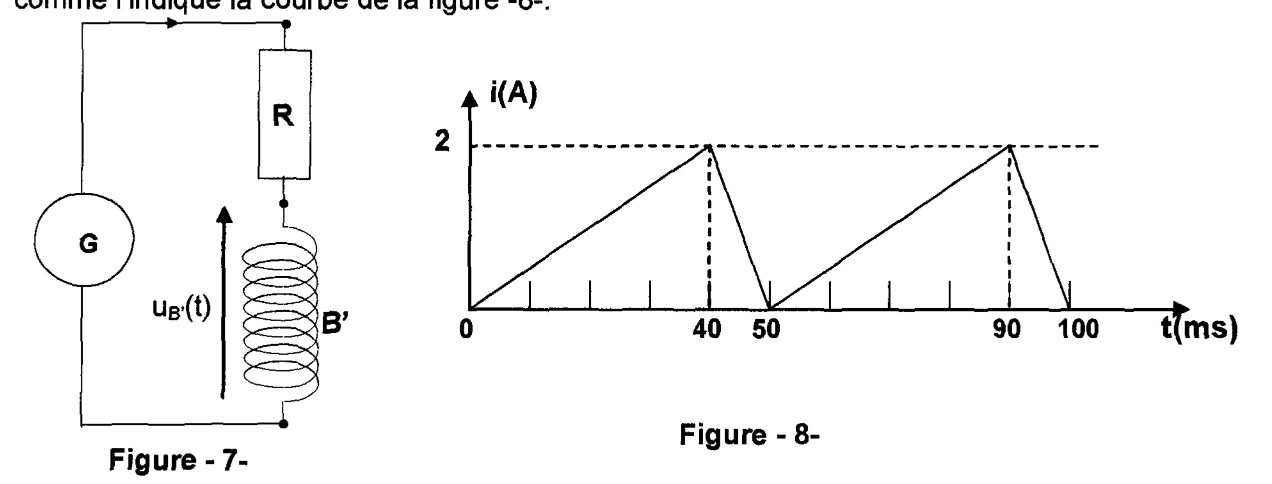


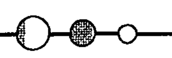
Figure - 7-

Figure - 8-

**a-** Montrer qu'il ya *naissance d'un courant d'auto induction dans l'intervalle* **[0 ; 40ms]** et *donner son* sens.

**b-** Donner l'expression de la tension $u_{B'}(t)$ aux bornes de cette bobine (B') dans l'intervalle **[0 ; 40ms]** puis dans l'intervalle **[40ms; 50ms]**.

**c-** Représenter la courbe d'évolution de la tension $u_{B'}(t)$ aux bornes de la bobine B' en fonction du temps dans l'intervalle **[0 ; 50ms]**. Préciser l'échelle utilisée.



DUREE : 2 H

EPREUVE -1-

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/**

**a-** L'utilisation de la solution d'empois d'amidon est dans le but de mieux détecter la présence de $I_2$ dans le mélange.

**b-** En présence de $I_2$, l'empois d'amidon se colore en bleue. La disparition de la coloration bleue entre deux rajouts successifs est due alors à la disparition du diiode, formé à partir de la réaction étudiée, par sa réaction avec les ions $S_2O_3^{2-}$ existant dans le mélange.

**2°/a-**

| Equation chimique | | $2\,I^-$ | $+\ S_2O_8^{2-}$ | $\rightarrow\ I_2$ | $+\ 2SO_4^{2-}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Etat du système** | **Avancement.** | **Quantité de matière en mol** | | | |
| **Etat initial** | 0 | $n_{0(I^-)}= C_1V_1$ | $n_0(S_2O_8^{2-})= C_2V_2$ | 0 | 0 |
| **En cours de réaction** | x | $n_{(I^-)}= C_1V_1- 2x$ | $n(S_2O_8^{2-})= C_2V_2- x$ | $n_{(I2)} = x$ | $n(SO_4^{2-}) =2x$ |
| **Etat final** | $x_f$ | $n_{(I^-)f}= C_1V_1 - 2x_f$ | $n(S_2O_8^{2-})f= C_2V_2- x_f$ | $n_{(I2)f} = x_f$ | $n(SO_4^{2-})f =2x_f$ |

$n_{0(I^-)}= C_1V_1$.  AN: $n_{0(I^-)}= 0,5 \,.\, 0,04 = 2.10^{-2}$ mol.

$n_0(S_2O_8^{2-}) = C_2V_2$ .  AN: $n_0(S_2O_8^{2-}) = 0,15 \,.\, 0,01 = 1,5 \,.\, 10^{-3}$ mol.

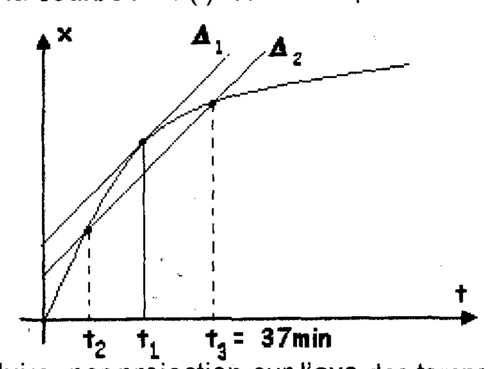
**b-** D'après la réaction de dosage à l'instant $t_p$ on a : $n_{(I2)/\,réagit} = \frac{1}{2} n(S_2O_3^{2-})_{/versé} = \frac{1}{2} C_0.V_{versé} = \frac{1}{2} pC_0.V_0$

d'autre part $n_{(I2)/\,réagit} = n_{(I2)/\,Formé}$ , d'après le tableau d'avancement $n_{(I2)/\,Formé} = x$ Alors: $x = \frac{1}{2} pC_0.\,V_0$.

**3°/ a-** La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date $t_1$, notée $V(t_1)$, est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates $t_1$ et $t_2$ lorsque $t_2$ tend vers $t_1$.

**b-** $V_{(t=t1)} = \frac{dx}{dt}(t=t_1)$ = Le coefficient directeur de la tangente à la courbe x =f (t) à la date $t_1$.

$$V_{(t=t1)} = \frac{6.10^{-4} - 2,5.10^{-4}}{20-0} = \mathbf{1,75\,.10^{-5}\ mol.min^{-1}}.$$



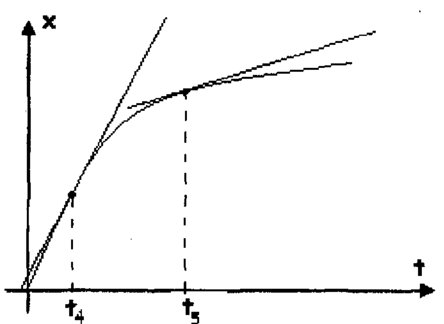

**c-** $V_{(t=t1)} = V_{moy\,(t2\,;\,t3)}$ signifie que : $a_1 = a_2$ avec :

$a_1$ : Le coefficient directeur de la tangente à la courbe, $\Delta_1$, à la date $t_1$.

$a_2$ : Le coefficient directeur de la droite, $\Delta_2$, passant par les points de la courbe d'abscisses $t_2$ et $t_3$ .

Pour déterminer la date $t_3$ il suffit de tracer la droite parallèle à la tangente à la courbe à la date $t_1$ passant par le premier point de la courbe d'abscisse $t_2$ et déduire, par projection sur l'axe des temps, l'abscisse $t_3$ du deuxième point d'intersection de la droite $\Delta_2$ avec la courbe x =f (t).

on trouve $\mathbf{t_3 = 37min}$.




**d-** En traçant les tangentes à la courbe x = f(t) en deux dates $t_4$ et $t_5$ tel que ( $t_4 < t_5$ ), on constate que l'inclinaison de la tangente à la courbe par rapport à l'horizontale diminue d'où le coefficient directeur de la tangent à la courbe diminue au cours du temps ce qui justifie, graphiquement la diminution de la vitesse de la réaction au cours du temps.

**4°/**

**a-** Puisque $\frac{n_{0(I^-)}}{2} \succ n_{0(S_2O_8^{2-})}$ alors $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant

$n(S_2O_8^{2-})_f = C_2V_2 - x_f = 0 \quad \Rightarrow x_f = C_2V_2$ . AN: $x_f = 1,5 \cdot 10^{-3}$ mol.

**b-** Dans le mélange la quantité de matière de $I^-$ reste constante à tout instant et égale à

$n_{0(I-)} = C_1V_1 = 2.10^{-2}$ mol, alors $[I^-] = \frac{n_{0(I^-)}}{V_{Mélange}} = \frac{2.10^{-2}}{V_1 + V_2 + 3.V_0 + 2.10^{-3}}$ AN: $[I^-] = 0,37$ mol.L$^{-1}$.

**EXERCICE N°2 :**

**1°/** L'avancement final de la réaction dans les trois expériences est le même est à peu prés égal $16.10^{-3}$ mol, il est en relation avec le nombre de mole de réactif limitant qui ne peut pas être le $I^-$ puisque son nombre de mole varie d'une expérience à une autre.

Le nombre de mole de $H_2O_2$ est le même dans les trois expériences $\Rightarrow$ $H_2O_2$ est le réactif limitant.

| | $H_2O_2$ + | $2I^-$ + | $2H_3O^+$ → | $4H_2O$ + | $I_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| t = 0 | $n_0(H_2O_2)$ | $n_0(I^-)$ | - | - | 0 |
| $t_f$ | $n_0(H_2O_2) - x_f$ | $n_0(I^-) - 2x_f$ | - | - | $x_f$ |

$n_0(H_2O_2) - x_f = 0 \quad \Rightarrow \quad x_f = n_0(H_2O_2)$ d'ou $n_0 = 16.10^{-3}$ mol.

**2°/** * L'expérience (1), réalisée en plus faible température et concentrations des réactifs, convient à la courbe (c) au cours de laquelle on atteint l'état final le plus tard.

* L'expérience (2), réalisée à haute température et plus grandes concentrations des réactifs, convient à la courbe (a) au cours de laquelle on atteint l'état final le plus rapide.

Donc l'expérience (3) convient à la courbe (b).

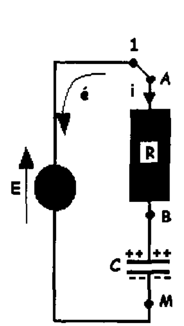
**3°/** Les facteurs cinétiques responsables au ralentissement de la réaction en ajoutant de l'eau glacée dans le mélange réactionnel sont:

- La température.
- La concentration des réactifs.

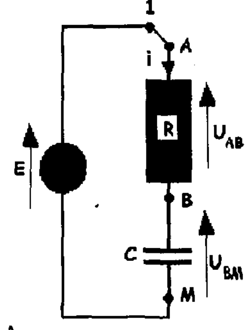
## PHYSIQUE :

**EXERCICE N°1 :**

**1°)**



**2°/**




**a-** D'après la loi des mailles: $u_{AB} + u_{BM} = E$

$u_{AB} = Ri = R.\dfrac{dq}{dt}$ et comme $q = u_{BM}.C_1$

$u_{BM} = u$ alors $U_{AB} = R.C_1 \dfrac{du_{BM}}{dt} = RC_1\dfrac{du}{dt}$

on trouve alors: $RC_1\dfrac{du}{dt} + u = E$

L'équation différentielle s'écrit alors sous la forme de : $\tau_1 \dfrac{du}{dt} + u = A$.

**b-** $\tau_1 = R.C_1$ AN: $\tau_1 = 250 \,.\, 2.10^{-4} = 50 \,.\, 10^{-3}$ s. $A = E = 12V$.

**c-** $\tau_1 \dfrac{du}{dt} + u = E \Rightarrow \tau_1 = \dfrac{E-u}{\dfrac{du}{dt}}$ en dimension $[\tau_1] = \dfrac{[E-u] \to (V)}{\left[\dfrac{du}{dt}\right] \to (V.s^{-1})} = (s)$

$\tau_1$ est appelée constante de temps du dipôle RC.

**d-** Graphiquement $\tau_1$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine des temps à la courbe u=f(t) , déja tracée, et l'asymptote horizontale u=E. On trouve $\tau_1 = 50$ ms $= 50.\ 10^{-3}$ s.

**e-** Soit $\Delta t$ : Durée minimale nécessaire pour que l'on puisse confondre u et E.
Graphiquement $\Delta t = 250$ms $= 250.\ 10^{-3}$s.

$\Delta t = 5\,\tau_1$

**f-** * $\tau_1 \dfrac{du}{dt} + u = \tau_1 . \left(\dfrac{E}{\tau_1} e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) + E - E\, e^{-t/\tau_1} = E$

alors $u = E\,(1 - e^{-t/\tau_1})$ est une solution de l'équation différentielle.

* À t = *100 ms = 0,1s* ; *u = 10,38V*
D'après la loi des mailles $u_{AB} = E - u$ AN: $u_{AB} = 12 - 10{,}38 = 1{,}62V$
D'après la loi d'Ohm appliquée à un résistor : $i = \dfrac{u_{AB}}{R}$. AN: $i = \dfrac{1{,}62}{250} \approx 6{,}5.10^{-3}$ A

**3°/**

**a-** La tension u reste constante entre les deux dates $t_1$ et $t_2$ car l'interrupteur est ouvert.
**b-** Entre les dates $t_1$ et $t_2$ le circuit est ouvert, alors i = 0 A.
Le dipôle RC est en régime permanent sa charge électrique est maximale : $q = q_{max} = E.C_1$
AN: $q = 2{,}4.10^{-3}$ C.

**4°/**

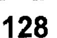
**a-** D'après la loi des mailles : $u_{AB} + u_{BM} + u_{MP} = 0$

$(R+R_0).C_1 \dfrac{du}{dt} + u = 0$

Au cours de la décharge l'équation différentielle est de la forme: $\tau_1' \dfrac{du}{dt} + u = A'$.

**b-** $\tau_1' = (R + R_0).C_1$. AN: $\tau_1' = 0{,}1$s.
A' = 0

**c-** $\tau_1' = 2\,\tau_1$. Ou bien $\tau_1 < \tau_1'$ La constante de temps au cours de la décharge est supérieur à celle de la charge car la première s'effectue avec une résistance deux fois plus grande que celle correspondant à la deuxième.



Expérience -2-

- La constante de temps correspondant à la charge et à la décharge dans l'expérience -2- est supérieure à celle de l'expérience -1- ceci est du à l'augmentation de la capacité ($C_2 = 4.C_1$)
  $\tau_2 = R.C_2 = 4.RC_1 = 4\tau_1$. AN: $\tau_2$ = 200 ms. De même pour la décharge $\tau_2' = 4\tau_1'$
- Les phénomènes de charge et de décharge ne s'effectuent pas totalement pendant la durée représentée
  Pour la charge l'ouverture du circuit est réalisée à la date $t_1 < \Delta t = 5\tau_1'$ : Durée minimale nécessaire pour que l'on puisse confondre u et E.

**EXERCICE N°2 :**

**1°/a-** $N = \frac{1}{T}$. Graphiquement : T = 1ms =$10^{-3}$ s. AN: N = $10^3$ Hz = 1 KHz.

**b-** $u_2 = - R . i(t)$

Pour afficher l'intensité du courant électrique , le logiciel effectue deux opérations :

1- Diviser la tension $u_2$ par la résistance R.
2- Inverser le signe du quotient obtenu.

**2°/**

**a-** L'apparition d'un phénomène d'auto induction dans la bobine est du au passage d'un courant électrique d'intensité variable à travers la bobine, jouant le rôle de l'inducteur et de l'induit, en créant un champ magnétique de valeur variable à son intérieure.

**b-** $u_1(t) = L.\frac{di(t)}{dt} + r.i(t)$ . r est négligeable alors $u_1(t) = L.\frac{di(t)}{dt}$

**3°/**

**a-** $u_1$ = 200 mV = 0,2V .

**b-** $L = \frac{u_1}{\frac{di}{dt}}$ avec i(t) = a.t +b et $\frac{di}{dt}$ = a = $\frac{[400-(-400)].10^{-6}}{[1,1-0,6].10^{-3}} = 1,6$

AN: L = $\frac{0,2}{1,6}$ on trouve alors L = 0,125H.

**c-** $\xi_L = \frac{1}{2}.L.i^2$.

à t = 0,6 ms = $6.10^{-4}$ s

AN : $\xi_L = \frac{1}{2}$ . 0,125 . $(-4.10^{-4})^2$

$\xi_L = 10^{-8}$ J

## CORRECTION

### CHIMIE :

#### EXERCICE N°1 :

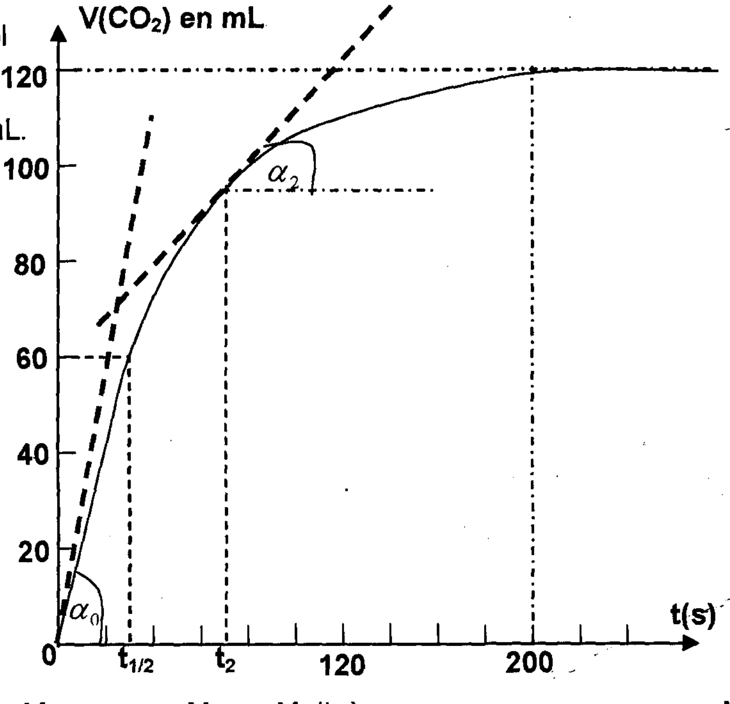
**1° /a-** * $n_{(H_3O^+)_0}$ =CV. AN: $n_{(H_3O^+)_0}$ = 0,1.×0,1 =$10^{-2}$ mol et $n_{(CaCO_3)_0} = \frac{m}{M}$. AN: $n_{(CaCO_3)_0} = \frac{2}{100}$ = $2.10^{-2}$ mol.

| * | $CaCO_3$ | + $2\,H_3O^+$ ⟶ | $3\,H_2O$ | + $CO_2$ + | $Ca^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| t = 0 | $2.10^{-2}$ | $10^{-2}$ | 0 | 0 | 0 | mol |
| t | $2.10^{-2} - x$ | $10^{-2} - 2x$ | 3x | x | x | mol |
| $t_f$ | $2.10^{-2} - x_f$ | $10^{-2} - 2x_f$ | $3x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | mol |

* $n_{(CaCO_3)_0}$ = $2.10^{-2}$ mol et $\frac{n_{(H_3O^+)_0}}{2}$ = $5.10^{-3}$ mol alors $n_{(CaCO_3)_0} > \frac{n_{(H_3O^+)_0}}{2}$ d'où le $H_3O^+$ est le réactif limitant.

**b-** $n_{(H_3O^+)_f} = 10^{-2} - 2x_f$ =0 alors $x_f$ =$5.10^{-3}$ mol.

**c-** On a: $x_f$ = n ($CO_2$) = $\frac{V(CO_2)}{Vm}$ = $5.10^{-3}$ mol
alors $V(CO_2)$ = n ($CO_2$) x Vm.
AN: $V(CO_2) = 5.10^{-3}$ x 24 = 0,12 L = 120 mL.




**2°/**

**a-** * Le temps de demi réaction est la durée au bout de la quelle l'avancement de la réaction atteind une valeur égale à la moitié de l'avancement final de la réaction.

* $x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$. AN: $x_{1/2} = \frac{5.10^{-3}}{2}$ =
$2,5.10^{-3}$ mol = $\frac{V(CO_2)}{Vm}$ alors
$V(CO_2)$= $x_{1/2}$ x Vm.AN:
$V(CO_2)$= $2,5.10^{-3}$ x 24 =0,06L= 60mL .
D'après la courbe $t_{1/2}$= 30 s.

**b-** * $n_{(CaCO_3)_{restant}} = n_{(CaCO_3)_0} - x_{1/2}$ alors $n_{(CaCO_3)_{restant}}M = n_{(CaCO_3)_0}M - x_{1/2}M$ d'où $m_{(CaCO_3)_{restant}} = m_{(CaCO_3)_0} - x_{1/2}M$.
AN: $m_{(CaCO_3)_{restant}}$ = 2 – ($2,5.10^{-3}$ x 100) = 1,75g.

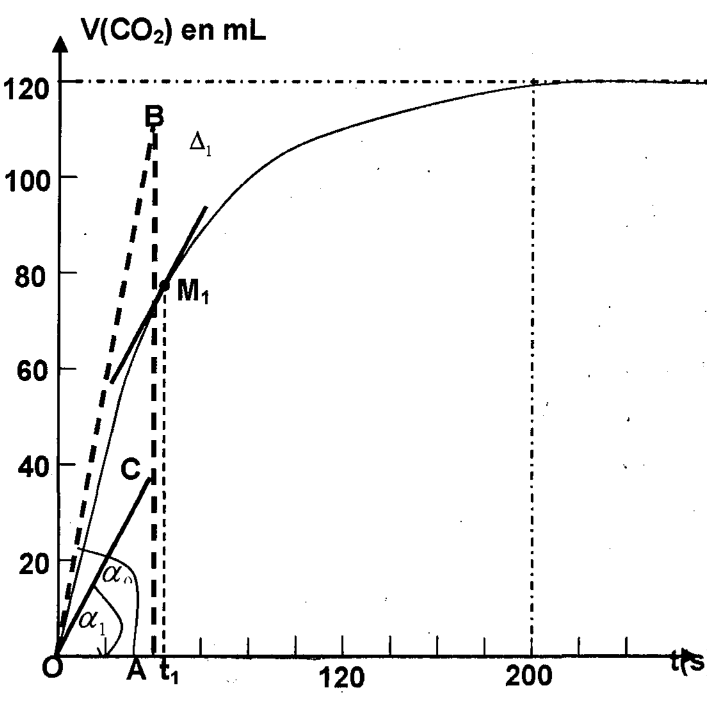
* $[Ca^{2+}] = \frac{x_{1/2}}{V}$ .AN: $[Ca^{2+}] = \frac{2,5.10^{-3}}{0,1}$ = $2,5.10^{-2}$ mol.L$^{-1}$.

**3°/a-** $V_t = \frac{dx}{dt}$ or $n_{CO_2} = x = \frac{V(CO_2)}{Vm}$ alors $V_t = \frac{1}{Vm}\cdot\frac{dV(CO_2)}{dt}$.

**b-** $V_t = \frac{1}{Vm}\frac{dV(CO_2)}{dt} = \frac{1}{Vm}$ a, avec a est le coefficient directeur de la tan à la courbe $V(CO_2)=f(t)$ au point M d'abscisse t. $t_0 < t_2$ , $\alpha_0 > \alpha_2$ alors $a_0 > a_2$ d'où $V_{t_0} > V_{t_2}$ alors la vitesse de la réaction diminue au cours du temps.

**c-** * $V_t = \frac{1}{Vm}\frac{dV(CO_2)}{dt} = \frac{1}{Vm}$ a.

Avec a est le coefficient directeur de la tan à la courbe $V(CO_2)=f(t)$ au point $M_0$ d'abscisse $t_0$.




$V_t = \frac{1}{Vm}\frac{dV(CO_2)}{dt}$.

AN: $V_t = \frac{1}{Vm}\left(\frac{80.10^{-3}-0}{30-0}\right) = 1{,}11.10^{-4}$ mol.s$^{-1}$.

* $V(t_1) = \frac{1}{3}V(t_0)$ alors $a(t_1) = \frac{1}{3}a(t_0)$ alors $\tan\alpha_1 = \frac{1}{3}\tan\alpha_0$ donc $\frac{AC}{OA} = \frac{1}{3}\frac{BA}{OA}$ d'où $AC = \frac{BA}{3}$. On trace la droite $\Delta_1$ // à (OC) et tangente à la courbe en $M_1$.

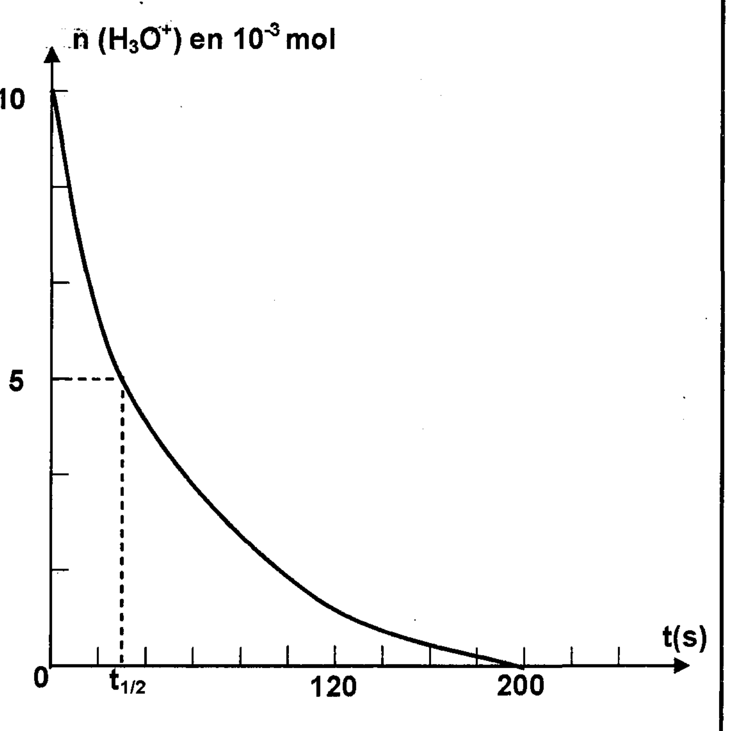
Graphiquement $t_1$= 46 s.

**4°/**

**a-** $n(H_3O^+) = n(H_3O^+)_0 - 2x$ .

or $x = n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{Vm}$ et $n(H_3O^+)_0 = CV$

d'où $n(H_3O^+) = CV - \frac{2V(CO_2)}{Vm}$.




**b-** $n(H_3O^+)_0 = CV = 10^{-2}$ mol ; $n(H_3O^+)_{final} = 0$ et $n(H_3O^+)_{1/2} = 10^{-2} - 2\,x_{1/2}$ .

AN: $n(H_3O^+)_{1/2} = 10^{-2} - 2\,(2{,}5.10^{-3})$ $= 5.10^{-3}$ mol.

**c-** L'addition d'une masse m' de $CaCO_3$ au mélange réactionnel précédant n'a pas d'effet :

* Sur la vitesse de la réaction à l'instant de date **$t_0$= 0** car $CaCO_3$ est solide de concentration constante.
* Sur l'avancement final $x_f$ , car le $CaCO_3$ est le réactif en excès.

## Exercice N°2 :

1°/

**a-** La vitesse volumique instantanée d'une réaction chimique à un instant de date $t_1$ est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates $t_1$ et $t_2$ lorsque $t_2$ tend vers $t_1$.

**b-** Cette vitesse diminue au cours du temps à cause de la diminution de la concentration des réactifs.

2°/

**a-** Un facteur cinétique est un paramètre qui influe sur la vitesse d'une réaction chimique.

**b-** Dans les expériences (3) et (4) la réaction se fait avec les mêmes concentrations des réactifs et à différentes températures.

L'expérience (4) se fait à la température la plus élevée.

D'autre part $v(t_0)_{/Exp3} < v(t_0)_{/Exp4}$ : La température influe sur la vitesse de la réaction, c'est un facteur cinétique.

Dans les expériences (1) et (2) la réaction se fait à différentes concentrations des réactifs et à la même températures.

L'expérience (2) se fait avec des concentrations des réactifs les plus élevées.

D'autre part $v(t_0)_{/Exp1} < v(t_0)_{/Exp2}$ : La concentration des réactifs influe sur la vitesse de la réaction, c'est un facteur cinétique.

**3°/** Dans les expériences (2) et (3) $H_2O_2$ est limitant puisque $[H_2O_2]_{0m} < \frac{[I^-]_{0m}}{2}$.

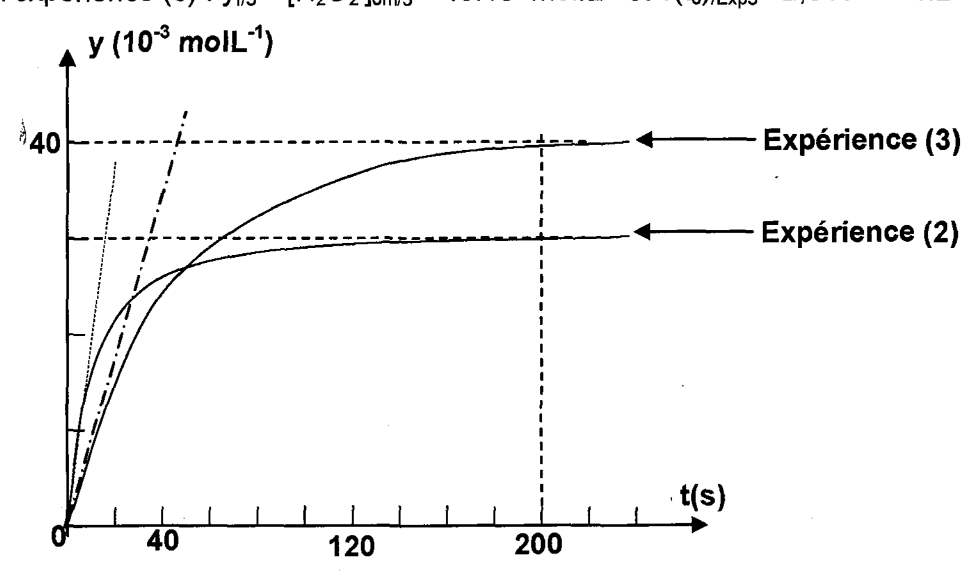
| | $H_2O_2$ + | $2I^-$ + | $2H_3O^+ \longrightarrow$ | $4H_2O$ + | $I_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| t=0 | $[H_2O_2]_{0m}$ | $[I^-]_{0m}$ | | | $0$ mol.L$^{-1}$. |
| $t_f$ | $[H_2O_2]_{0m} - y_f$ | $[I^-]_{0m} - 2y_f$ | | | $y_f$ mol.L$^{-1}$. |

$[H_2O_2]_f = [H_2O_2]_{0m} - y_f = 0$ alors $y_f = [H_2O_2]_{0m}$

D'ou :

Dans l'expérience (2) : $y_{f/2} = [H_2O_2]_{0m/2} = 30.10^{-3}$mol.L$^{-1}$ et $v(t_0)_{/Exp2} = 4 10^{-3}$ molL$^{-1}$s$^{-1}$

Dans l'expérience (3) : $y_{f/3} = [H_2O_2]_{0m/3} = 40.10^{-3}$mol.L$^{-1}$ et $v(t_0)_{/Exp3} = 2,8 10^{-3}$ molL$^{-1}$s$^{-1} < v(t_0)_{/Exp2}$

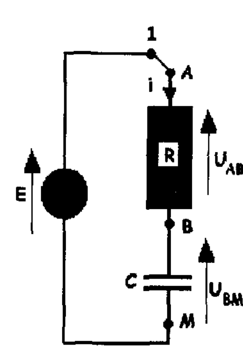



## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

I-

1°/




**a-** La loi des mailles : $u_R(t) + u_C(t) - E = 0$ alors

$R\,i + \frac{q}{C} = E$ alors $R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\frac{dq}{dt} = 0$ alors

$R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i = 0$ d'où $RC\frac{di}{dt} + i = 0$. **(I)**

**b-** $i(t) = A.e^{\alpha.t}$ **(1)** et $\frac{di(t)}{dt} = A\alpha.\,e^{\alpha t}$ **(2)**.

**(1)** et **(2)** dans **( I )** alors $RC\alpha\ A.\,e^{\alpha.t} + A\,e^{\alpha.t} = 0$ alors $A\,e^{\alpha.t}(RC\,\alpha + 1) = 0$

alors $RC\,\alpha + 1 = 0$ alors $\alpha = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{\tau}$

A t=0, on a $i = I_m = \frac{E}{R}$ alors $I_m = A.e^0 = A$ d'où $A = \frac{E}{R}$ par suite $i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$.

2°/

**a-** A t=0, on a $E_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = 0$ alors q= 0, au cours du temps $E_C$ augmente alors q augmente d'où le phénomène de charge du condensateur par le générateur.

**b-**

**$b_1$-** D'après la courbe de la figure-3-, à t=0 on a $I_0 = 20$ mA $= 20.10^{-3}$A.

**$b_2$-** D'après la courbe de la figure-4-, $E_{Cm} = 5.10^{-4}$J.

**$b_3$-** $\tau = RC$.

- On a , à t=0, $i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} = I_0$ alors $E = R\,I_0$ .AN : $E = 500 \times 20.10^{-3} = 10$ V.
- $E_{Cm} = \frac{1}{2}C\,u_{Cm}^2 = \frac{1}{2}C\,E^2$ alors $C = \frac{2E_{Cm}}{E^2}$ .AN : $C = \frac{2\times 5.10^{-4}}{10^2} = 10^{-5}$ F.
- $\tau = RC$.AN : $\tau = 500 \times 10^{-5} = 5.\,10^{-3}$ s.

3°/ $u_R(t) + u_C(t) = E$ or $u_C = 3u_R$ alors $u_C = \frac{3E}{4} = 7{,}5$ V d'où $E_C = \frac{1}{2}C\,u_C^2$. AN: $E_C = \frac{1}{2}10^{-5} \times 7{,}5^2 = 2{,}81.10^{-4}$J.

II-

1°/ C'est le phénomène de decharge du condensateur dans 2R, au cours du quel il y a mouvement de l'excés d' électrons de l'armature B vers l'armature A à travers les deux résistors alors $q_A$ diminue et de même pour $|q_B|$ jusqu'à $q_B = q_A = 0$.

2°/

**a-** $\tau' = 2\,RC = 2\tau$ .AN : $\tau' = 2 \times 500 \times 10^{-5} = 10^{-2}$ s.

**b-** * A t =0, on a: $u_C = E = 10$ V et t tend vers l'infini, on a: $u_C = 0$.

* $2\,u_R(t) + u_C(t) = 0$ alors $u_R(t) = -\frac{u_C(t)}{2}$ d'où

A t =0, on a: $u_C = -\frac{E}{2} = -5$V et t tend vers l'infini, on a:$u_R = 0$.

Tension (V)
10
0
-5
$u_C(t)$
$u_R(t)$
$5.10^{-2}$
t(s)

3°/ $W = |E'_C(t=\tau') - E_C(t=0)| = \frac{1}{2}C\,|u_C^2(t=\tau') - u_C^2(t=0)|$

AN: W = $\frac{1}{2}C$ |( 0,37 E)$^2$–( E )$^2$|. AN:W= 4,31.10$^{-4}$ J.

**EXERCICE N°2 :**

**1°/** $u_R(t)$ =R.i(t); R=constante >0 alors $u_R(t)$ et i(t) varient proportionnellement et de la même façon donc la tension $u_R(t)$ permet de suivre l'évolution en fonction du temps de l'intensité i du courant électrique.

**2°/**

**a-** La loi de Lenz : Le courant induit a un sens tel qu'il s'oppose par ses effets à la cause qui lui a donné naissance.

**b-** Au cours du temps la bobine jouant le rôle de l'inducteur et de l'induit est traversée par un courant inducteur d'intensité variable alors elle produit un courant auto induit qui s'oppose par ses effets à la variation de l'intensité du courant inducteur variable.

**3°/** D'autre part : $e=-L.\frac{di(t)}{dt}$ or $u_R$ (t)= R.i (t) alors i(t) =$\frac{u_R(t)}{R}$ par suite $e=-L.\frac{d(\frac{u_R(t)}{R})}{dt}=-\frac{L}{R}\frac{du_R(t)}{dt}$.

*Dans l'intervalle [0 ; 20ms] la courbe -$u_R$(t) est une droite affine d'équation :

-$u_R$(t) = a t+b . Avec a : le coefficient directeur de la droite dans l'intervalle [0 ; 20ms]:

a= $\frac{4-(-4)}{20.10^{-3}}=\frac{8}{20.10^{-3}}=400$ V.s$^{-1}$ par suite -$u_R$(t) = 400 t+b.

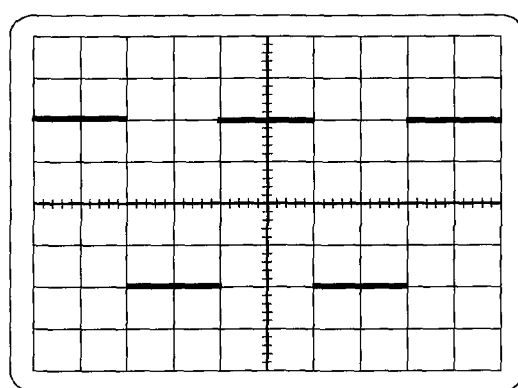
$e=-\frac{L}{R}\frac{du_R(t)}{dt}=-\frac{L}{R}\frac{d(-400t-b)}{dt}=400\frac{L}{R}$. AN : $e=400\frac{0,5}{50}=4V$.

* Dans l'intervalle [20ms ; 40ms] la courbe -$u_R$(t) est une droite affine d'équation :
-$u_R$(t) = a' t+b' . Avec a' : le coefficient directeur de la droite dans l'intervalle [20ms ; 40ms]

a'= $\frac{-4-(4)}{20.10^{-3}}=\frac{-8}{20.10^{-3}}=-400$ v.s$^{-1}$ par suite -$u_R$(t) = - 400 t+b'.

$e=-\frac{L}{R}\frac{du_R(t)}{dt}=-\frac{L}{R}\frac{d(400t-b')}{dt}=-400\frac{L}{R}$. AN : $e=-400\frac{0,5}{50}=-4V$.

**4°/**



**5°/**

**a-** La lampe $L_1$ s'allume à l' instant où on ferme l'interrupteur K tandis que la lampe $L_2$ s'allume avec un retard de temps dû au phénomène d'auto induction crée dans la bobine en créant un courant électrique auto induit qui s'oppose à l'augmentation de l'intensité du courant inducteur qui la traverse.

**b-** En régime permanent et d'après la loi des mailles :

$U_{L1}$ = E- $R_1.I_{P1}$

$U_{L2}$ = E- r. $I_{P2}$

Sachant que $R_1$= r et que les deux lampes sont identiques alors $I_{P1}$ = $I_{P2}$ alors les deux lampes sont traversées par la même intensité du courant électrique et sont soumises à une même tension électrique alors en régime permanent les deux lampes s'allument de la même façon.

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/**

**a-** $n_{0(I^-)}=C_2V_2$. AN: $n_{0(I^-)}= 6.10^{-2}\times0,1 =6.10^{-3}$ mol et $n_0(H_2O_2)=C_1V_1$ AN: $n_0(H_2O_2)= 4,5.10^{-2}\times 0,01= 4,5.10^{-3}$mol.

**b-** $\frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{6.10^{-3}}{2} = 3.10^{-3}$ mol et $\frac{n_0(H_2O_2)}{1} = 4,5.10^{-3}$mol alors $\frac{n_0(I^-)}{2} < \frac{n_0(H_2O_2)}{1}$ donc l'ion $I^-$ est limitant.

**c-**

| | $H_2O_2$ | + $2I^-$ | + $2H_3O^+$ | → $4H_2O$ | + $I_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| t = 0 | $4,5.10^{-3}$ | $6.10^{-3}$ | - | - | 0 mol |
| t | $4,5.10^{-3}- x$ | $6.10^{-3} -2 x$ | - | - | x mol |
| $t_f$ | $4,5.10^{-3}- x_f$ | $6.10^{-3} -2 x_f$ | - | - | $x_f$ mol |

**d-** L'ion $I^-$ est limitant alors $n_0(I^-) - 2x_f = 0 \Rightarrow 6.10^{-3}- 2x_f = 0 \Rightarrow x_f = x_{max}= 3.10^{-3}$mol.

**2°/**

**a-** La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant de date $t_1$ est la limite vers laquelle tend la vitesse moyenne de la réaction entre les instants de dates $t_1$ et $t_2$ lorsque $t_2$ tend vers $t_1$.

**b-** D'après le tableau, on a $n_{H_2O_2} = n_{H_2O_2})_0 - x$ alors $x= n_{H_2O_2})_0 - n_{H_2O_2}$ or $V_t= \frac{dx}{dt}$ par suite

$$V_t= \frac{d(n_{H_2O_2})_0 - n_{H_2O_2})}{dt} \text{ alors } V_t= \frac{dn_{H_2O_2})_0}{dt} - \frac{dn_{H_2O_2}}{dt} = - \frac{dn_{H_2O_2}}{dt}.$$

**c-** $V(t_1 = 3\min) = -$ coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_{H_2O_2}$ = f(t) à la date $t_1$.

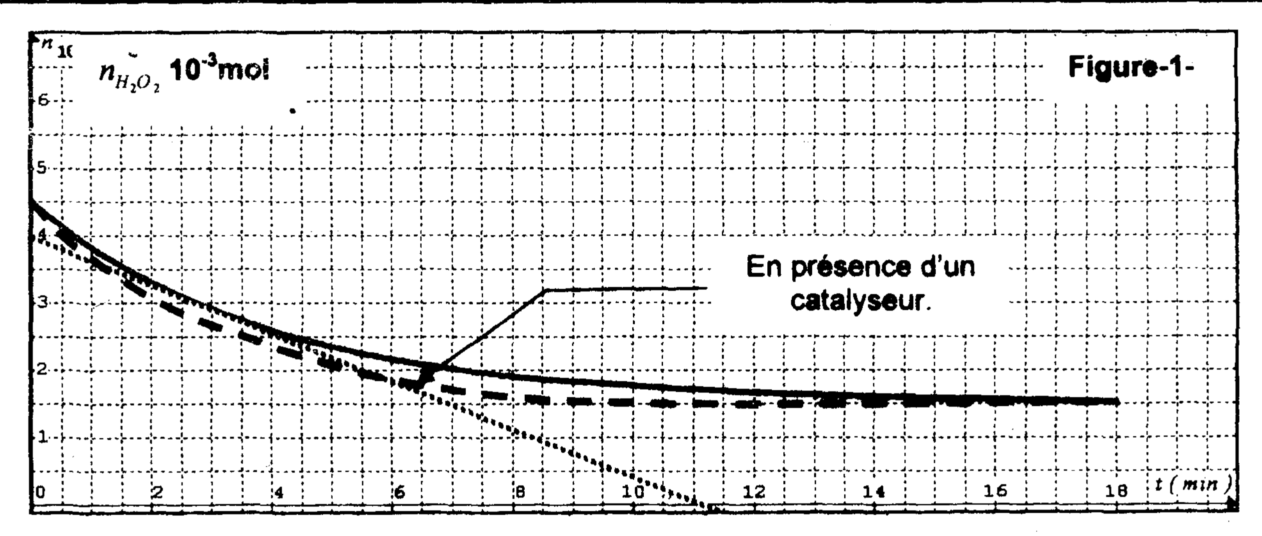
$$\text{AN : } v(t_1 = 3\min) = -\left(\frac{(4-2,9)\times10^{-3}}{0-3}\right) = 3,66.10^{-4}\,mol.\min^{-1}.$$

**d-** $V_t$ de la réaction diminue au cours du temps car la concentration des réactifs $I^-$, $H_2O_2$ diminue au cours du temps.

**3°/**

**a-** Le catalyseur est une entité chimique, utilisé en faible quantité, capable d'augmenter la vitesse d'une réaction possible spontanément en son absence.

**b-** A $t_f$ on a : $n_{H_2O_2} =4,5.10^{-3}- x_f$. AN: $n_{H_2O_2} = 4,5.10^{-3}- 3.10^{-3}= 1,5.10^{-3}$ mol. Figure-1-.




## EXERCICE N°2 :

1°/

a- Le temps de demi réaction est la durée au bout de la quelle l'avancement de la réaction est égale à la moitié de son avancement final.

b-

| | a A | + | b B | → | c C | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| à t=0 | $5.10^{-3}$ | | n | | $2.10^{-3}$ | mol. |
| à t≠0 | $5.10^{-3}$ - a.x | | n - b.x | | $2.10^{-3}$ + c.x | mol. |
| à $t_f$ | $5.10^{-3}$ - a.$x_f$ | | n - b.$x_f$ | | $2.10^{-3}$ + c.$x_f$ | mol. |

c- A partir du graphe et au point d'intersection des courbes on a : n(A) = n(B) et $x_{1/2} = 5.10^{-4}$mol.

D'autre part $x_{1/2} = \frac{x_f}{2}$ alors $x_f = 2.x_{1/2}$ AN : $x_f = 2\times5.10^{-4} = 10^{-3}$ mol.

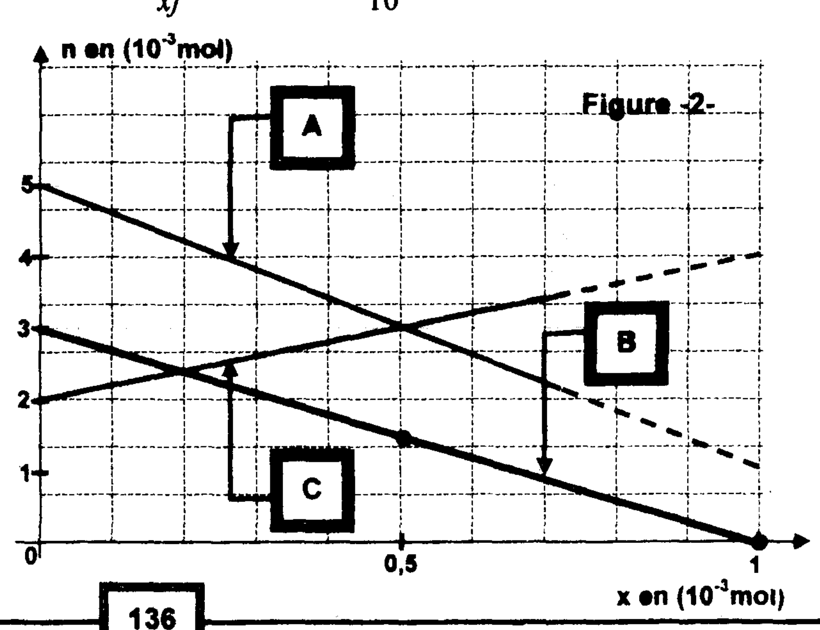
2°/a- Par prolongement de la droite représentant l'évolution du n(A)=f(x) et pour x= $x_f$ on a $n(A)_f=10^{-3}$mol. et puisque $n(A)_f \neq 0$ alors le réactif (A) ne peut pas être limitant.

b- $n(A)_f = 5.10^{-3} - a.x_f = 10^{-3}$ mol d'ou a = $\frac{5.10^{-3}-10^{-3}}{xf} = \frac{5.10^{-3}-10^{-3}}{10^{-3}} = 4.$

$n(C)_f = 2.10^{-3} + c.x_f = 4.10^{-3}$ mol d'ou c = $\frac{4.10^{-3}-2.10^{-3}}{xf} = \frac{4.10^{-3}-2.10^{-3}}{10^{-3}} = 2.$

c- Le réactif (A) est en excès alors le réactif (B) est limitant donc lorsque $x_f=10^{-3}$mol, $n(B)_f = 0$. En plus, au temps de demi réaction c'est à dire lorsque

$n(B)_{1/2} = \frac{n_{(A)1/2}}{2} = \frac{3.10^{-3}}{2} = 1,5.10^{-3}\,mol$.



**d-**

**$d_1$-** D'après la courbe représentative de l'évolution de n(B) = f(x) et pour x=0 on a $n_0(B)$=n = $3.10^{-3}$mol.

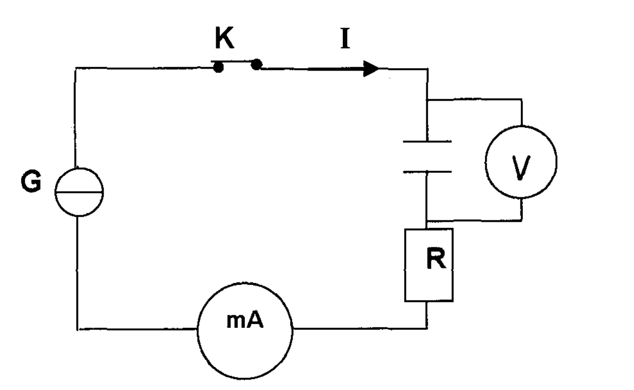
**$d_2$-** $n(B)_f = 3.10^{-3} - b.x_f = 0$ mol d'ou b = $\frac{3.10^{-3}}{xf} = \frac{3.10^{-3}}{10^{-3}} = 3.$

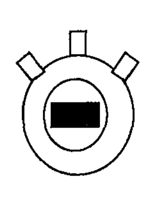
## PHYSIQUE :

**EXERCICE N°1 :**

### Partie A:

**1°/**



**Chronomètre**

**2°/**

**a-** La courbe représentative de l'évolution de la tension électrique $u_c$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est une droite qui passe par l'origine d'équation $u_C$=a.t (1).

a est le cœfficient de la droite : a = $\frac{3}{0,75}$ par suite $u_C$= 4.t.

**b-** $u_C = \frac{q}{C_0} = \frac{I}{C_0}.t$ (2).

Par identification entre (1) et (2) on déduit que $\frac{I}{C_0} = 4$ d'où $C_0 = \frac{I}{4}$ AN: $C_0 = \frac{40.10^{-6}}{4} = 10^{-5}F$.

**3°/** $C_0 = \frac{S}{e}.\varepsilon$ alors $\varepsilon = \frac{C_0.e}{S}$ AN : $\varepsilon = \frac{0,15.10^{-3} \times 10^{-5}}{1,5.10^{-6}} = 10^{-3}F.m^{-1}$.

**4°/** D'après la courbe et à t=1,5s on a $u_C$=5,9V d'où $\xi_C = \frac{1}{2}.C.u_C^2$ .AN : $\xi_C = \frac{1}{2}.10^{-5}.5,9^2 = 1,74.10^{-4}$J.

### Partie B:

**1°/**

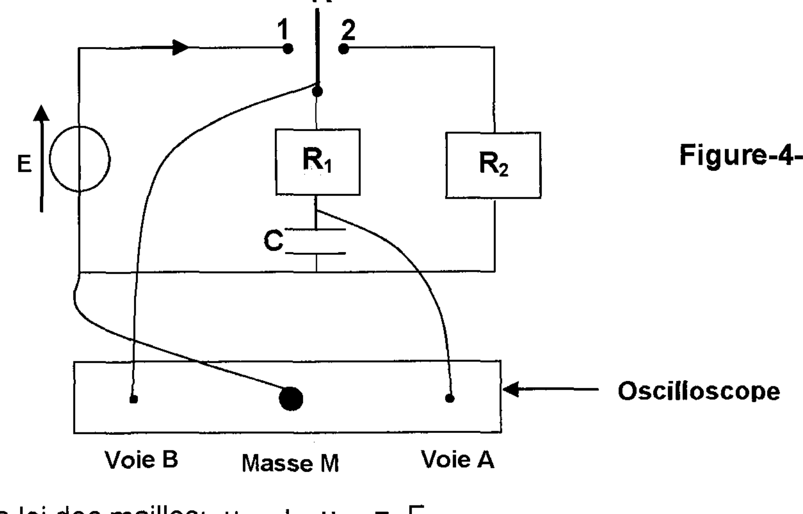
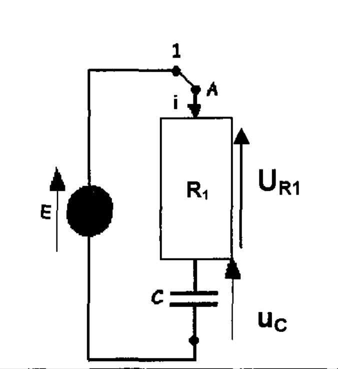



**Figure-4-**




**2°/**

**a-** D'après la loi des mailles: $u_{R1} + u_C = E$

$U_{R1} = R_1.i = R_1.\frac{dq}{dt}$ et comme q = $u_C$.C alors $U_{R1} = R_1.C\frac{du_C}{dt}$

L'équation différentielle s'écrit alors sous la forme de : $R_1.\, C\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$

Avec : $\tau_1 = R_1.\, C$.

**b-** $\tau_1 \dfrac{du_C}{dt} + u_C = \tau_1.\left(\dfrac{E}{\tau_1}.e^{-\frac{t}{\tau_1}}\right) + E - E\, e^{-t/\tau_1} = E$.

alors $u_C = E\,(1 - e^{-t/\tau_1})$ est une solution de l'équation différentielle.

**c-** La constante de temps $\tau_1$ est une grandeur physique positive qui caractérise la rapidité de charge d'un condensateur initialement déchargé dans un dipôle RC.

**Dimension de** $\tau_1$ :

$\tau_1 \dfrac{du_C}{dt} + u_C = E \Rightarrow \tau_1 = \dfrac{E-u}{\dfrac{du}{dt}}$ en dimension $[\tau_1] = \dfrac{[E-u] \to (V)}{\left[\dfrac{du}{dt}\right] \to (V.s^{-1})} = (s)$ donc l'unité de $\tau_1$ est homogène à une durée.

**Détermination graphique de** $\tau_1$ :

$\tau_1$ est l'abscisse du point de la courbe $u_C(t)$ d'ordonnée 0,63.E= 7,56V on trouve: $\tau_1$ = 20ms = $2.10^{-2}$s.

**3°/**

**a-** Il s'agit d'un phénomène de charge du condensateur puisque $u_C$ est croissante aucours du temps. Lorsque le condensateur est totalement chargé, la tension à ses bornes est maximale est égale à E=12V.

**b-** $C = \dfrac{\tau_1}{R_1}$ AN : $C = \dfrac{0,02}{1000} = 2.10^{-5}$ F.

**4°/** $u_{R1} = E - u_C$

à t=0s, $u_C$=0 (Le condensateur est initialement déchargé) donc $u_{R1}$ =12V.

à t= $t_1$ , $u_C$ = 0,63.E= 7,56V alors $u_{R1}$ =4,44V.

**5°/**

**a-** Il s'agit d'un phénomène de décharge du condensateur.

**b-** : $\tau_2 = (R_1+R_2).\, C$. AN : $\tau_2 = 3.10^3 \times 2.10^{-5} = 6.10^{-2}$s.

## EXERCICE N°2 :

**1°/**

**a-** La lampe $L_1$ s'allume avant $L_2$.

**b-** A la fermeture de K, la bobine est traversée par un courant inducteur d'intensité croissante alors elle est placée dans un champs magnétique croissant par suite elle produit un courant induit de sens contraire que l'inducteur qui ralentie l'allumage de la lampe $L_2$.

**2°/**

**a-** Dans l'intervalle [0 ; 40ms] la bobine jouant le rôle de l'inducteur et de l'induit est traversée par un courant inducteur d'intensité croissante de 0 à 2 A alors elle produit un courant auto induit de sens contraire que le courant inducteur.

**b-**

* Dans l'intervalle [0 ; 40ms] la courbe i = f(t) est une droite qui passe par l'origine d'équation : i = a t . Avec a : le coefficient directeur de la droite dans l'intervalle [0 ; 40ms].

$a = \dfrac{2}{40.10^{-3}} = 50\ A.s^{-1}$ par suite i (t) = 50 t alors $\dfrac{di}{dt} = 50$ or $u_{B'} = -e = L\dfrac{di}{dt}$

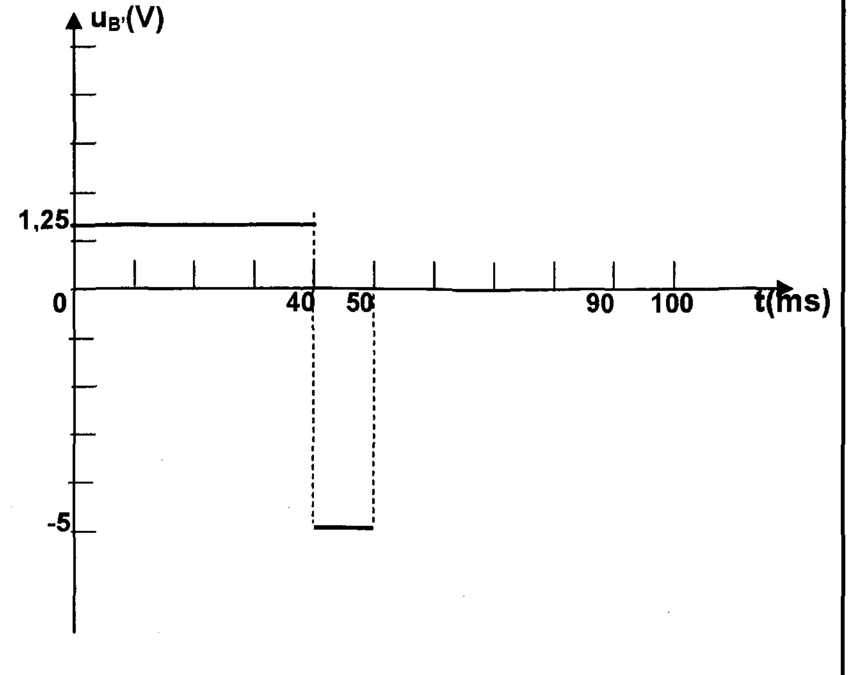
AN : $u_{B'}$ = 1,25 V.

* Dans l'intervalle [40ms ; 50ms] i = f(t) est une droite qui ne passe pas par l'origine d'équation : i = a' t + b. Avec a' : le coefficient directeur de la droite dans l'intervalle [50ms ; 40ms].

a'= $\dfrac{2-0}{40.10^{-3}-50.10^{-3}}$ = -200 A.s$^{-1}$ d'où i= - 200t +b alors b= 200t +i à t= 40 ms on a i= 2A alors

b= 200 ×40.10$^{-3}$ + 2= 10A par suite i = - 200.t +10 alors $\dfrac{di}{dt}$ = -200 or $u_{B'}$= -e = L$\dfrac{di}{dt}$.

AN : $u_{B'}$= -5V.




c-

* Dans l'intervalle [0 ; 40ms] :
  On a $u_{B'}$= 1,25 V.

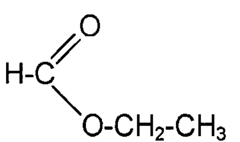
* Dans l'intervalle [40ms ; 50ms] :

  On a $u_{B'}$= - 5 V.

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

La réaction entre un acide carboxylique et un alcool produit de l'eau et un ester de formule :




On utilise un mélange équimolaire formé de $n_0$ mole d'acide carboxylique et $n_0$ mole d'alcool.

**1°/** Donner les formules semi- développées de l'acide et de l'alcool qui permettent d'obtenir cet ester.

**2°/**

**a-** Définir le taux d'avancement final, $\tau_f$, d'une réaction chimique.

**b-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système et montrer que la constante d'équilibre relative à la réaction d'estérification en fonction de $\tau_f$ est : $K = \dfrac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2}$.

**c-** Sachant que la constante d'équilibre est **K = 4**, déterminer $\tau_f$.

**d-** Quel caractère de cette réaction peut-on déduire?

**3°/** On prépare 4 tubes à essai A, B, C et D contenant chacun $n_0$ mole d'acide et $n_0$ mole d'alcool.
Dans les tubes A, B et D on ajoute de l'acide sulfurique concentré en faible quantité dont on néglige le volume.
A la date **t=0**, on place les tubes A, B et C dans un bain marie à **80°C** le tube D reste à la température ambiante **20°C**.
A la date **t= 60min,** on dose la quantité d'acide carboxylique restant dans les tubes A et C par une solution aqueuse de soude (NaOH) de concentration **$C_b$=2 mol.L$^{-1}$**.
On obtient les résultats suivants avec:
$V_{bE}$ : volume de la solution aqueuse de soude versé à l'équivalence.

| Tube | A | C |
|---|---|---|
| $V_{bE}(cm^3)$ | 10 | 24 |

**Tableau -1-**

A la date **t'= 90 min,** on dose la quantité d'acide carboxylique restant dans les tubes B et D par la même solution aqueuse de soude.
On obtient les résultats suivants :

| Tube | B | D |
|---|---|---|
| $V_{bE}(cm^3)$ | 10 | 27 |

**Tableau -2-**

**a-** En exploitant les résultats des dosages :
 * Dégager à partir des tableaux -1- et -2- les facteurs cinétiques mis en jeu. Expliquer.
 * Montrer que le contenu du tube A, à **t=60min**, est en état d'équilibre chimique.

**b-** Déterminer le nombre de mole, $n_1$, d'acide carboxylique restant à l'équilibre chimique.

**c-** Déduire $n_0$ et l'avancement final, $x_f$, de la réaction d'estérification.

**4°/** Dans une nouvelle expérience, on part d'un mélange formé de **0,25 mol** d'acide **0,25 mol** d'alcool, **0,6 mol** d'ester et **0,6 mol** d'eau.

**a-** Vérifier que le système n'est pas en état d'équilibre. Préciser, en le justifiant, le sens d'évolution spontané du système.

**b-** Déterminer la composition du mélange à l'équilibre.

**EXERCICE N°2 :**

On se propose d'étudier la réaction entre les ions ferrique $Fe^{3+}$ et les ions iodure $I^-$ symbolisée par l'équation suivante : $2\,Fe^{3+} + 2\,I^- \rightleftarrows I_2 + 2\,Fe^{2+}$.
On prépare, à la température **T**, un mélange équimolaire en solution aqueuse de volume constant **V=0,1L** et contenant **0,1mol** de chacun des réactifs $Fe^{3+}$ et $I^-$.

**1°/**

**a-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système.

**b-** A la fin de la réaction, le nombre de mole totale des produits formés, $I_2$ et $Fe^{2+}$, est **$n_T$ = 0,149 mol**.

**$b_1$-** Déterminer la valeur de l'avancement final, $x_f$, de la réaction.

**$b_2$-** Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K de la réaction et montrer qu'elle est totale.

**2°/** Quelle est la valeur du taux d'avancement final de la réaction? Expliquer.

## PHYSIQUE :

**EXERCICE N°1 :**

### Une lampe sans pile

La lampe à induction est une lampe de poche qui ne nécessite aucune pile, contrairement aux lampes de poches traditionnelles. Elle comporte un aimant pouvant se déplacer dans une bobine, un circuit électronique qui laisse passer le courant dans un seul sens, un condensateur et une diode électroluminescente (LED). Figure -1-.

Pour charger cette lampe, il suffit de la secouer (agiter rapidement et plusieurs fois avec régularité) pendant quelques instants. L'objectif est d'obtenir le déplacement de l'aimant à travers la bobine.
Le courant alternatif crée est redressé par le circuit électronique en courant continu.
Le condensateur se charge alors puis se décharge dans la diode électroluminescente.
La lampe à induction peut délivrer de 5 à 30 minutes de luminosité pour 20 à 30 s d'agitation. Elle a durée de vie estimée (évaluée approximativement) d'au moins 50 000 heures. De ce fait elle fournit toujours une lumière efficace sans utiliser de piles.

**Questions :**

**1°/** Expliquer et nommer le phénomène physique origine du courant dans la lampe.

**2°/** Préciser l'inducteur et l'induit dans cette lampe.

**3°/** Expliquer pourquoi la lampe à induction est capable d'émettre la lumière même après avoir cessé de la secouer.

**4°/** Donner les avantages d'une lampe à induction par rapport à une lampe de poche traditionnelle.

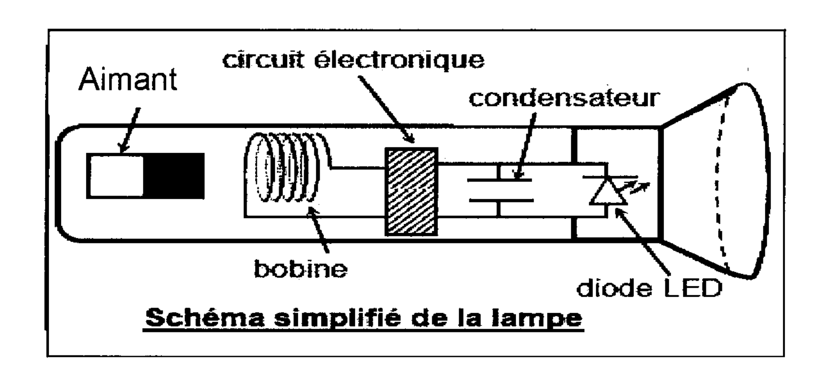


**Schéma simplifié de la lampe**

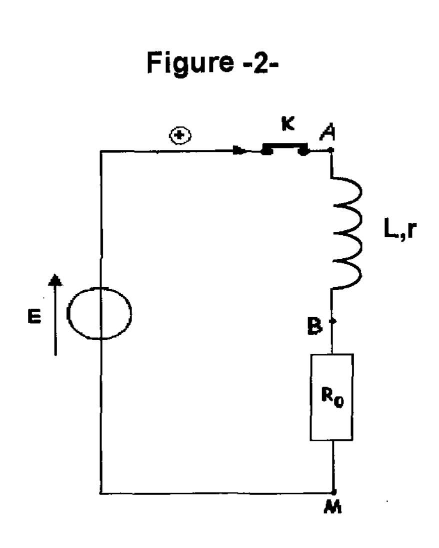
**Figure -1-**

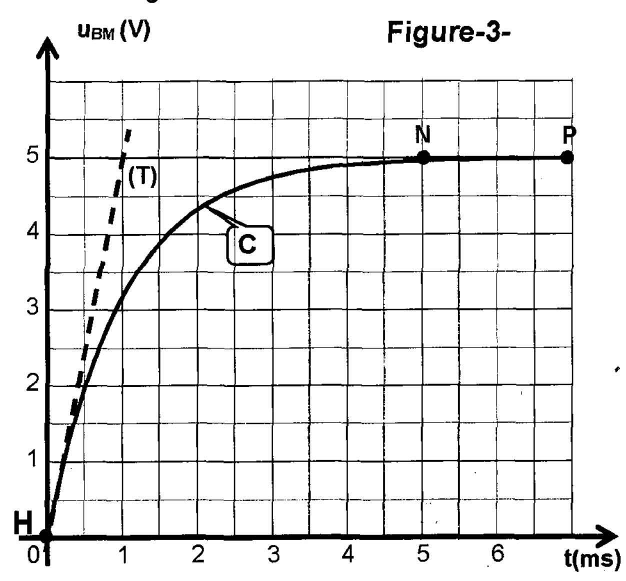
## EXERCICE N°2 :

A l'aide d'un générateur délivrant à ses bornes une tension électrique constante **E = 6 V**, un résistor de résistance **$R_0$ = 50Ω**, une bobine d'inductance L et de résistance r, et un interrupteur K, on réalise le circuit schématisé sur la figure-2-.

Afin de visualiser la tension $u_{BM}(t)$ aux bornes du résistor, on réalise les connexions adéquates à un oscilloscope à mémoire et on ferme l'interrupteur K à un instant **t = 0**.

On obtient le chronogramme (C) représenté sur la figure-3-.




**1°/**

**a-** Montrer que l'étude de la tension $u_{BM}(t)$ permet de faire celle de l'intensité i(t) du courant dans le dipôle RL.

**b-** Identifier parmi les portions (HN) et (NP) du chronogramme (C), celle qui représente le régime transitoire de l'établissement du courant. Justifier.

**c-** En déduire graphiquement la durée $t_c$ au bout de laquelle le courant continu s'établit dans le dipôle RL.

**2°/**

**a-** Etablir l'équation différentielle du dipôle RL vérifiée par l'intensité du courant électrique i.

**b-** Définir et calculer la constante de temps $\tau$ du dipôle RL.

**c-** Cette équation différentielle admet comme solution : $i(t) = \frac{E}{R_0 + r}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$. Montrer que :

**$c_1$-** L'inductance de la bobine peut s'écrire $L = \frac{E\,R_0}{P}$ où p est la pente de la tangente (T) du chronogramme (C), à l'instant t = 0 représenté sur la figure-3- .

**$c_2$ -** La résistance de la bobine peut s'écrire $r = R_0\left(\frac{E}{U_0} - 1\right)$ où $U_0$ est la valeur de la tension $u_{BM}(t)$ en régime permanent de l'établissement du courant électrique.

**3°/** En déduire que les valeurs de l'inductance L et de la résistance r, sont respectivement :

**0,06H** et **10Ω.**

**4°/**

**a-** Exprimer la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes de la bobine en fonction de E et $u_{BM}(t)$.

**b-** Sur la figure-3-, déduire la représentation de l'allure de la courbe d'évolution de la tension $u_{AB}(t)$ en fonction du temps.

## EXERCICE N°3 :

Le montage de la figure -4- est formé par :
- Un générateur de tension de fem **E =10V**
- Un résistor de résistance variable R de 0 à **400 Ω**.
- Une bobine purement inductive d'inductance L.
- Un condensateur de capacité C.
- Un commutateur K à deux positions
- Un système d'acquisition lié à un ordinateur.

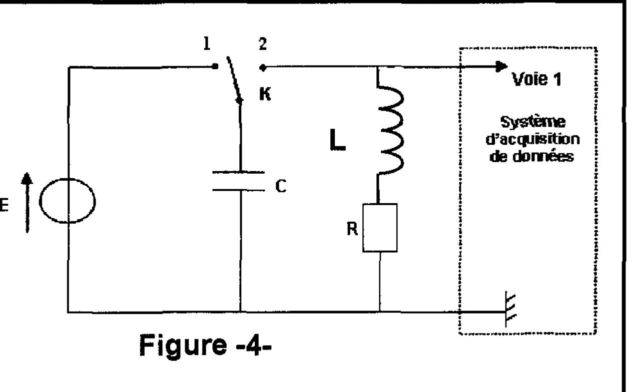


Figure -4-

**1°/** On ferme K sur la position 1 puis on l'ouvre.
Le condensateur perd -t- il sa charge? Justifier.

**2°/** On donne : **L =1H**. On ferme K sur la position 2.
Lorsque la tension aux bornes du condensateur s'annule pour la première fois, on lance l'acquisition.
On obtient sur la voie 1 la courbe de la figure -5-.

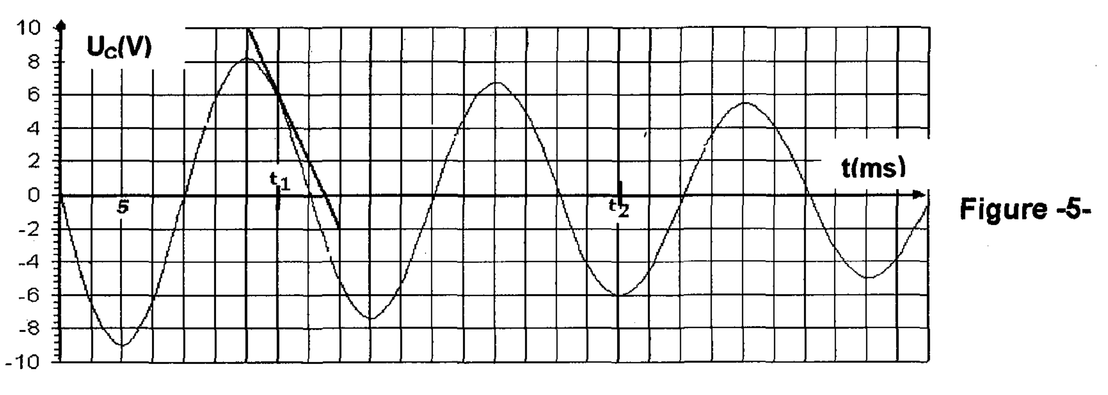


Figure -5-

**a-** Déterminer la valeur de la pseudo - période des oscillations.

**b-** En admettant que cette pseudo-période est égale à la période propre des oscillations d'un circuit LC Calculer la capacité C du condensateur.

**c-** Etablir l'équation différentielle qui caractérise les oscillations de la tension $u_C$ aux bornes du condensateur.

**3°/**

**a-** Montrer que l'énergie totale emmagasinée dans le circuit diminue au cours du temps.

**b-** En utilisant le graphique, calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit entre les instants $t_1$ et $t_2$ indiqués sur figure-5-.

**4°/** Pour R = 0, on modifie les paramètres du circuit ainsi que les conditions initiales.
On donne sur la figure -6- la courbe d'évolution de la tension $u_{Bob}$ aux bornes de la bobine en fonction de temps : $u_{Bob} = f(t)$.

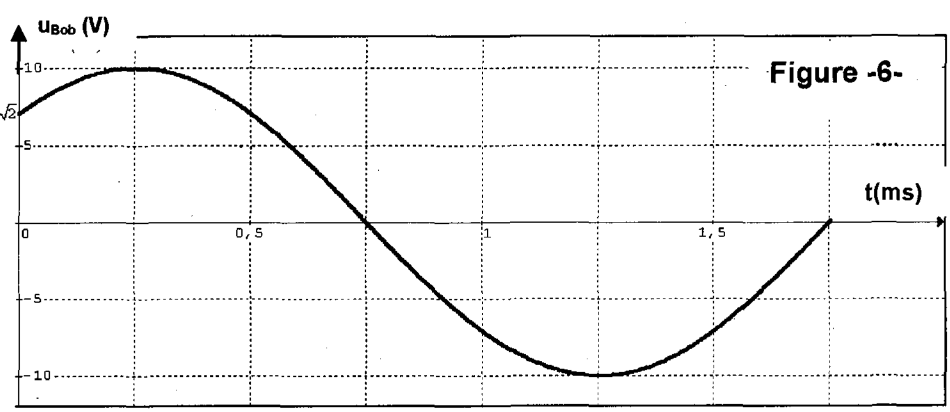


Figure -6-

**a-** Déterminer l'expression de $u_{bob}(t)$. Déduire celle de $u_C$ (t).

**b-** Représenter sur la figure -6-la courbe d'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

A une température T, on prépare un système chimique aqueux contenant à un instant **t=0**, une quantité de matière $\mathbf{n_1 = 2.10^{-2}}$ **mol** de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ et une autre quantité de *matière* $\boldsymbol{n_2 = 2.10^{-2}}$ ***mol*** d'iodure de potassium KI.
L'équation chimique qui symbolise la réaction modélisant la transformation est :

$$2I^- + S_2O_8^{2-} \longrightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}.$$

A l'aide d'une technique de mesure appropriée on détermine à différentes dates t, le taux d'avancement de la réaction ($\tau$) défini par le rapport de l'avancement, x, de la réaction

à l'instant t par son avancement maximal $x_m$ $\left(\tau = \dfrac{x}{x_m}\right)$.

Les résultats de mesure ont permis de tracer la courbe de la figure-1- traduisant l'évolution du taux d'avancement de la réaction en fonction du temps.

**1°/** Montrer, graphiquement, que la réaction est totale.

**2°/** Déterminer l'avancement maximal $x_{max}$ de la réaction.

**3°/**

**a-** Déterminer la composition molaire du système à l'instant $\mathbf{t_1 = 10}$ **min**.

**b- b$_1$-** Exprimer la vitesse de la réaction à la date t en fonction de $x_m$ et $\tau$.

**b$_2$-** Calculer sa valeur à la date $\mathbf{t_1 = 10}$ **min**.

**4°/** A la même température et à volume constant, on refait l'expérience précédente en partant d'un mélange initial contenant $\mathbf{n'_1 = 2.10^{-2}}$ **mol** d'ion $S_2O_8^{2-}$ et $\mathbf{n'_2 = 6.10^{-2}}$ **mol** d'ion $I^-$.

**a-** Quel est l'effet de cette modification de la composition initiale du mélange réactionnel sur :
La valeur du taux d'avancement final, $\tau_f$, de la réaction et la valeur de la vitesse de la réaction à $t_0$.

**b-** Représenter sur la figure -1-, l'allure de la courbe d'évolution du taux d'avancement $\tau$ en fonction du temps. Justifier.

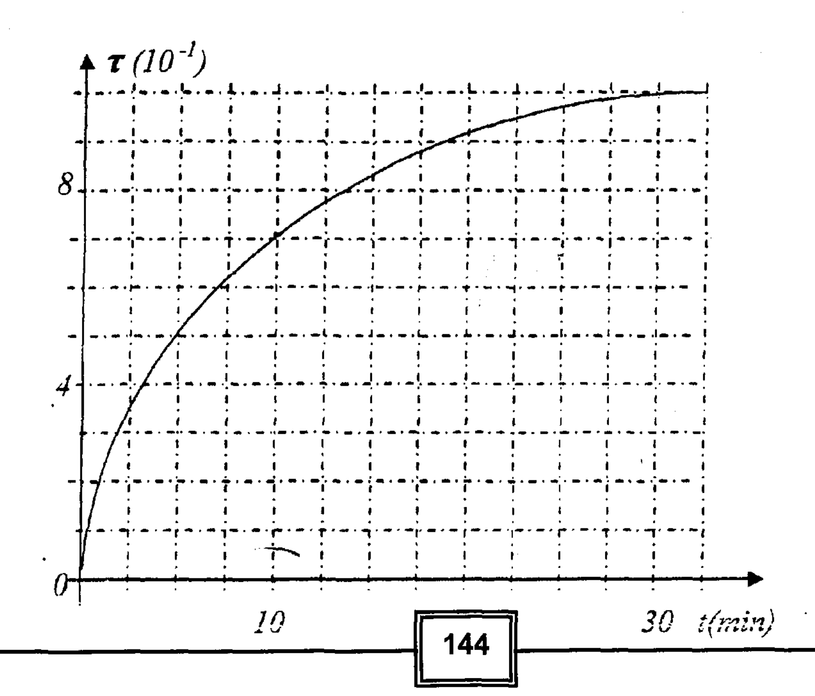



**Figure-1-**

## EXERCICE N°2 :

On réalise à une température T une première expérience en mélangeant de l'acide méthanoïque $H\text{-}CO_2H$ et du propan-1-ol $CH_3\text{–}CH_2\text{–}CH_2\text{-}OH$, au mélange obtenu on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique.

Ce mélange homogénéisé est réparti dans des tubes contenant chacun initialement **$6.10^{-2}$** mol d'acide méthanoïque et **$6.10^{-2}$** mol de propan-1-ol.

L'ensemble est placé dans un bain marie à une température constante.

*On dose l'acide restant à des différentes dates par une solution aqueuse de soude de concentration* molaire **$C_B$=1 mol.L$^{-1}$**.

1°/ Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu en utilisant les formules semi-développées et nommer le composé organique formé.

2°/ Les dosages effectués à différents instants ont permis de tracer la courbe de la figure-2- donnant l'évolution du nombre de mole d'acide restant au cours du temps.

**a-** Déduire du graphe deux caractères de cette réaction. Justifier.

**b-** Déterminer la vitesse de la réaction d'estérification à l'instant **$t_1$ = 1h**.

**c-** Déterminer le volume de la solution de soude versé pour doser l'acide restant à la date **$t_1$=1h**.

3°/

**a-** Déterminer la composition molaire du mélange à l'équilibre.

**b-** *Calculer la constante d'équilibre K de la réaction d'estérification.*

4°/ On réalise une deuxième expérience en mélangeant **$6.10^{-2}$ mol** d'acide méthanoïque et **$n_o$** mol de propan-1-ol, on refait les mesures et on trace la courbe (2) de la figue-3-.

**a-** Préciser sur quel facteur cinétique a-t-on agit pour obtenir la courbe (2) à partir de la courbe (1).

**b-** Calculer $n_o$.

5°/ Dans une troisième expérience, on part à $t_0$=0 d'un mélange formé de **0,25 mol** d'acide, **0,6 mol** d'ester **0,6 mol** d'eau et **0,25 mol** d'alcool.

**a-** Pour que les quantités de matière d'acide, d'alcool et d'ester restent invariable au cours du temps, préciser en le justifiant si à cette date $t_0$ l'on doit :

* Ajouter une quantité d'eau.

* Extraire par un moyen approprié une quantité de l'eau.

**b-** Déterminer alors le volume d'eau qu'il faut l'ajouter *ou* l'extraire.

**On donne : H :1g.mol$^{-1}$ ; O : 16g.mol$^{-1}$ ; la masse volumique d'eau $\rho_{eau}$ = 1 g.cm$^{-3}$.**

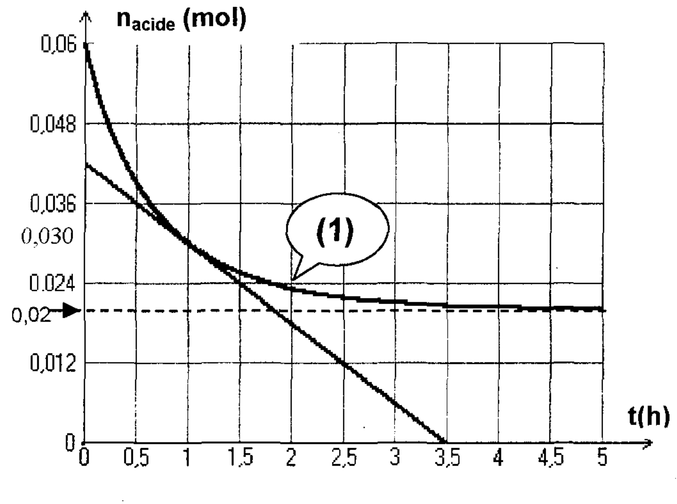



**Figure-2-**

**Figure-3-**

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

**Protection des circuits inductifs**

Lors de l'ouverture d'un interrupteur placé dans un circuit inductif (comportant une bobine), parcouru par un courant intense, un arc électrique s'établit entre les deux pôles qui sont écartés l'un de l'autre. Il en est de même avec des circuits parcourus par des courants peu intense mais qui font l'objet de commutation rapides (électronique). Cet arc dit étincelle de rupture est la conséquence du phénomène d'auto-induction : l'annulation du courant dans un circuit se traduit par l'induction d'une fem d'autant plus grande que le courant interrompu est plus intense, et que l'interruption est plus rapide.

Il peut en résulter une surtension importante entre les pôles des appareils de coupure. En général, il est indispensable de remédier à cet inconvénient afin d'éviter tout danger pour le manipulateur (risque d'électrocution) et pour le matériel.

**Physique appliquée. NATHAN TECHNIQUE.**

**1°/** Dans quel type de circuit se produit l'étincelle de rupture?

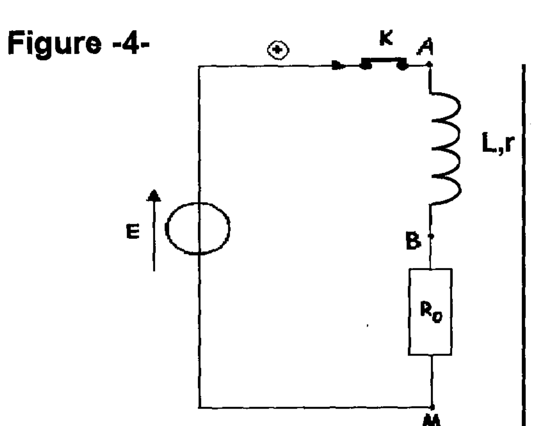
**2°/** Quel est le phénomène physique responsable de cette étincelle? Justifier l'apparition de cette étincelle au cours de la rupture.

**3°/** Quels sont les facteurs qui ont une influence sur l'importance de la fem d'auto-induction?

**4°/** Quel risque de l'étincelle de rupture? Proposer une méthode qui permet de se protéger de cette étincelle.

### EXERCICE N°2 :

**Figure -4-**




Le circuit électrique de la figure -4- comprend :

- Un générateur de tension de fem E.
- Une bobine d'inductance L et de résistance **$r = 3\ \Omega$**.
- Un résistor de résistance **$R_0 = 22\ \Omega$.**

A l'instant **t=0** on ferme l'interrupteur K .

**1°/** Etablir l'équation différentielle régissant la variation de l'intensité, i, du courant électrique.

**2°/** Vérifier que $i(t) = \dfrac{E}{R_0 + r}\left(1 - e^{-\left(\frac{R_0 + r}{L}\right)t}\right)$ est une solution de l'équation différentielle précédente.

**3°/**

**a-** Déterminer, en régime permanent, les expressions des tensions $u_{BM}$ aux bornes du résistor et $u_{AB}$ aux bornes de la bobine en fonction de r, $R_0$ et E.

**b-** Par un système d'acquisition adéquat on trace les courbes de $u_{BM}(t)$ et $u_{AB}(t)$. Figure -5- Identifier, en justifiant la réponse, les deux courbes (1) et (2).

**4°/** L'écart de tension positif $\Delta U$ indiqué sur la figure-5- est égale à **3,8 V**.

**a-** Exprimer cet écart en fonction de $R_0$, r et $I_0$ ( intensité du courant électrique dans le régime permanent).

**b-**. Calculer la valeur de l'intensité $I_0$ du courant en régime permanent.

**c-** Déduire la valeur de la fem E du générateur.

**5°/**

**a-** Définir la constante du temps $\tau$ du dipôle RL et déterminer sa valeur.

**b-** En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine.

**c-** Déterminer graphiquement la fem d'auto induction, e, de la bobine à **t=0**.

**6°/** Déterminer les coordonnées du point A indiqué sur la figure -5-.

**7°/** On prendra **E=5V** et **L=0,025H.** Représenter, en le justifiant, sur la figure -5-.

**a-** L'allure de la courbe d'évolution de $u_{BM}(t)$ lorsqu'on remplace le résistor de résistance $R_0$ par un autre de résistance **R'₀= 47 Ω**,en précisant les coordonnés des points particuliers.

**b-** L'allure de la courbe d'évolution de $u_{AB}(t)$ lorsqu'on double l'inductance L de la bobine, en précisant les coordonnés des points particuliers.

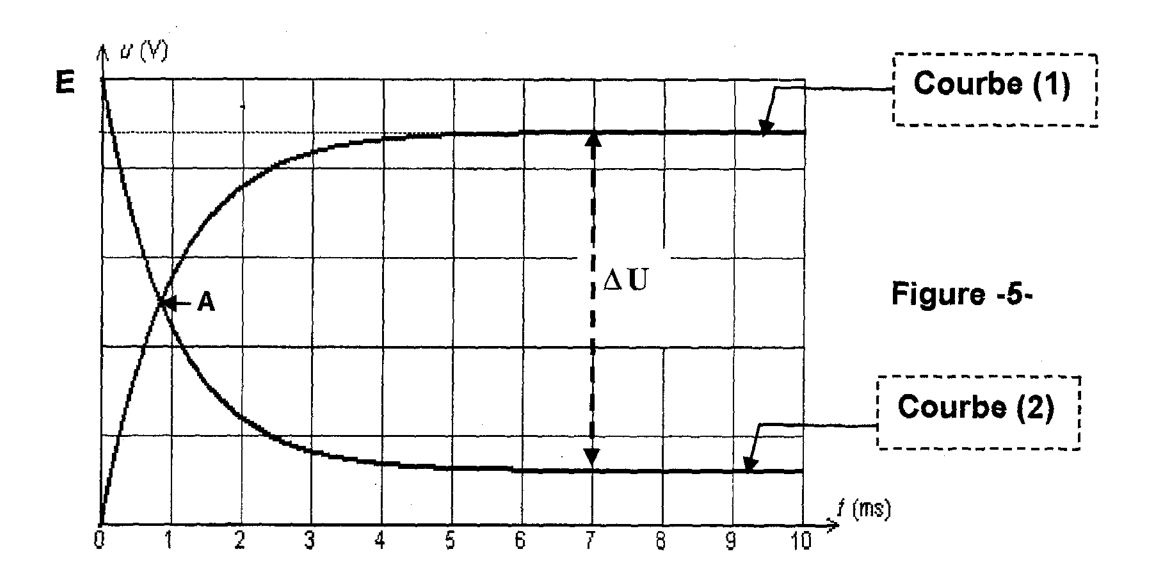



**Figure -5-**

## EXERCICE N°3 :

On considère le circuit électrique comportant un générateur de tension continue de fem **E= 6V**, un condensateur de capacité **C=1µF**, une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, deux conducteurs ohmiques chacun de résistance **R=100Ω** et deux interrupteurs K et K' figure -6-.

→

### A- Première expérience

Dans cette expérience, on ferme K (en maintenant K' ouvert). Le dipôle RC est alors soumis à un échelon de tension. De quel phénomène s'agit –il? Décrire à l'échelle microscopique ce phénomène.

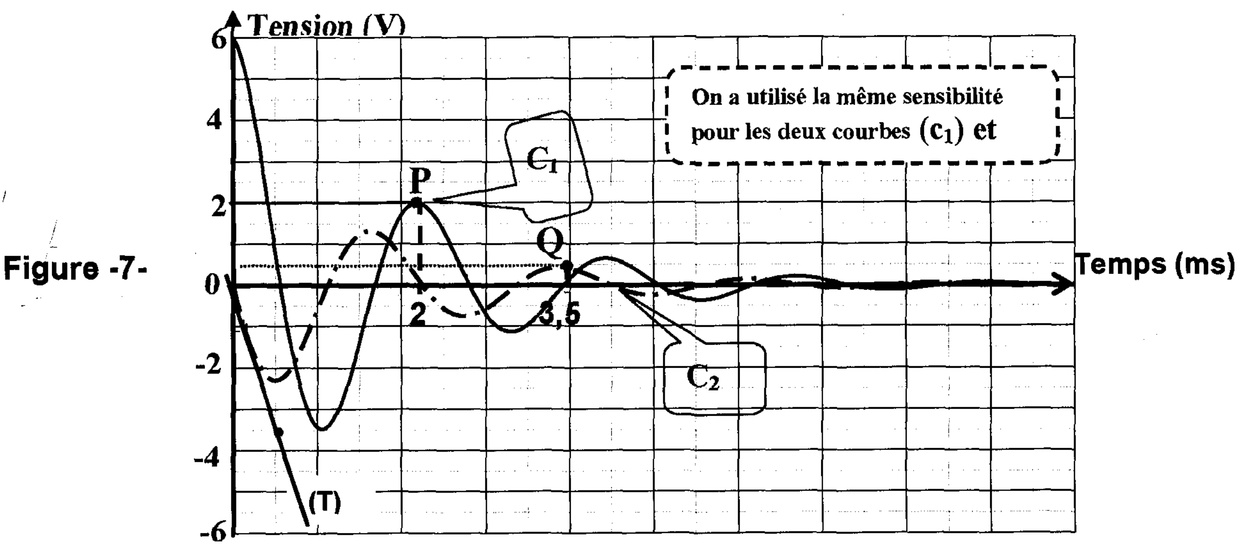
**Figure -6-**

### B- Deuxième expérience

Une fois la première expérience réalisée, on ouvre K puis on ferme K' à une nouvelle origine de temps **t=0**.

On utilise un oscilloscope bicourbe pour visualiser la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique de résistance R respectivement sur la voie 1 et sur la voie 2 inversée. On obtient les courbes de la figure -7-.

Figure -7-




**1°/**

**a-** Justifier que le circuit obtenu dans cette expérience est le siège d'oscillations électriques, libres et amorties.

**b-** Attribuer à chaque *courbe la tension correspondante. Justifier.*

**2°/ a-** Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension $u_C(t)$ du condensateur est :

$$\frac{d^2uc(t)}{dt^2}+\frac{1}{\tau}\frac{duc(t)}{dt}+w_0^{\,2}uc(t)=0$$ . Identifier $\tau$ et $w_0^{\,2}$

**b-** Donner la signification physique des termes $\tau$ et $w_0$.

**3°/** En utilisant la tangente (T) tracée sur la figure -7- déterminer la tension $u_B$ aux bornes de la bobine à la date $t_0$=0 et déduire approximativement la valeur de l'inductance L de la bobine.

**4°/**

**a-** Montrer que l'énergie électromagnétique $E_T$ emmagasinée dans le circuit diminue au cours du temps

**b-** Expliquer la transformation énergétique dans le circuit entre **t=0** et **t=**$\frac{T}{4}$ .

*(T : période du régime pseudopériodique des oscillations).*

**c-** On considère deux points P et Q indiqués sur la figure-7-.
Reproduire et compléter le tableau suivant en faisant les calculs nécessaires. On prendra **L=0,1H**.

| date | Energie électrostatique | Energie magnétique | Energie électromagnétique |
|---|---|---|---|
| **$t_P$= 2ms** | | | |
| **$t_Q$= 3,5ms** | | | |

**d-** Calculer la variation de l'énergie électromagnétique entre les dates $t_P$ et $t_Q$.

**e-** Déduire la puissance électrique dissipée par effet Joule entre les dates $t_P$ et $t_Q$.

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

A une température T, on fait réagir **0,3mol** d'acide méthanoïque (A) de formule moléculaire HCOOH avec **0,3mol** de méthanol (B) de formule $CH_3OH$, il se forme un ester (E) et de l'eau.
Une suivie expérimentale de cette transformation a permis de tracer la courbe de la figure-1- décrivant l'évolution de la quantité de matière de l'acide (A) restant en fonction du temps.

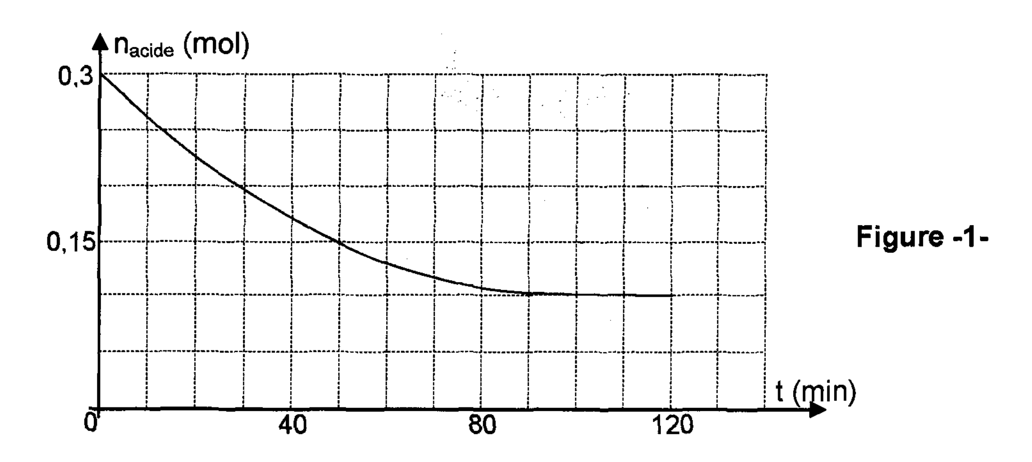



**Figure -1-**

**1°/** Ecrire, en formules semi développées, l'équation de la réaction modélisant cette transformation. Nommer le composé organique formé.

**2°/**

**a-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système.

**b-** Définir le taux d'avancement, $\tau_f$, d'une transformation chimique. Calculer sa valeur dans le cas de cette transformation.

**c-** Quels caractères peut-on donner à cette transformation? Justifier.

**3°/** La constante d'équilibre relative à cette réaction d'estérification est K.

**a-** Etablir l'expression de K en fonction de $\tau_f$.

**b-** Vérifier que K=4.

**c-** L'équilibre chimique est atteint à la date **$t_1$=100min**.

**$c_1$-** Peut-on dire que la date **$t_2$=50min** correspond au temps de demi réaction? Justifier.

**$c_2$-** Déterminer la vitesse de la réaction à la date **$t_2$=50min**.

**4°/** Représenter sur la figure -1- l'allure de la courbe d'évolution de la quantité de matière de l'acide (A) restant si on refait la même réaction à une température T' inférieure à T. Expliquer.

**5°/** Dans une autre expérience, on mélange initialement **0,2 mol** d'acide, **0,05 mol** d'ester, **0,2 mol** d'alcool et **0,05mol** d'eau.

**a-** Montrer que le système n'est pas en état d'équilibre chimique.

**b-** Préciser, en le justifiant, le sens d'évolution du système.

**c-** Déterminer la composition molaire finale du mélange réactionnel en alcool et en ester.

## EXERCICE N°2 :

On considère la transformation chimique modélisée par la réaction chimique entre les ions $Fe^{3+}$ et les ions perchlorate $ClO_4^-$ qui aboutit à la formation des ions perchlorate de fer III $FeClO_4^{2+}$ symbolisée par l'équation suivante : $ClO_4^-{}_{aq} + Fe^{3+}{}_{aq} \rightleftarrows FeClO_4^{2+}{}_{aq}$

A t=0, on introduit **0,02 mol** d'ion $Fe^{3+}$ et **0,02mol** d'ion $ClO_4^-$, le mélange réactionnel formé est de volume constant **V=0,1L**. Lorsque l'équilibre est atteint la concentration molaire des ions perchlorate de fer III est égale à **0,11mol.L$^{-1}$**.

**1°/** Dresser le tableau descriptif d'évolution de cette *transformation chimique.*

**2°/** Montrer qu'il s'agit d'une transformation limitée.

**3°/** Exprimer puis calculer la constante d'équilibre de cette réaction.

**4°/** Lorsque l'équilibre est atteint on introduit **20mL** d'eau distillée dans le mélange réactionnel.

**a-** Le système est-il en état d'équilibre chimique ou en évolution? Justifier.

**b-** Déduire la composition finale du mélange réactionnel.

# PHYSIQUE :

## EXERCICE N°1 :

On considère l'un des circuits électriques de la figure -2- comportant un générateur de tension de fem E, une bobine B d'inductance L et de résistance interne r, un résistor de résistance **R=100Ω**. et un interrupteur K.

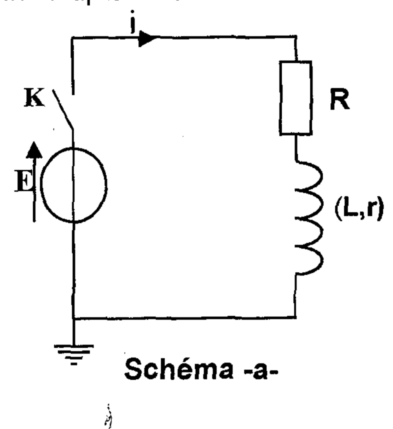



**Schéma -a-**

**Schéma -b-**

**Figure -2-**

On se propose d'étudier l'évolution, au cours du temps, de l'intensité i du courant électrique circulant dans le circuit après avoir fermer l'interrupteur K à une date t=0. Pour cela on utilise un oscilloscope à mémoire afin de visualiser la tension électrique u, on obtient alors la courbe de la figure -3-.

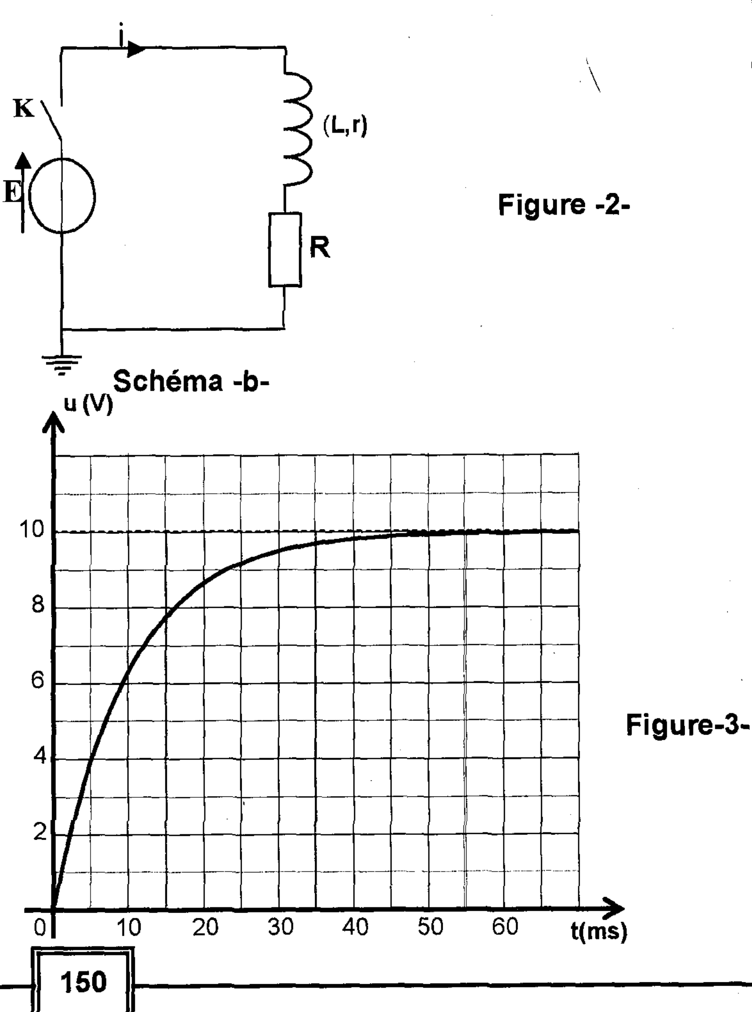



**Figure-3-**

**1°/**

**a-** Choisir, en le justifiant, lequel parmi les schémas -a- et -b- de la figure -2- celui qui correspond au montage qui répond au besoin de cette étude.

**b-** Compléter sur la figure-2- la connexion à faire avec l'oscilloscope dans le montage choisi et permettant de visualiser la tension u.

**c-** Expliquer et interpréter l'allure de l'oscillogramme de la figure-3-.

**2°/**

**a-** *Etablir l'équation différentielle du circuit faisant intervenir l'intensité du courant i.*

**b-** Déduire, en fonction des grandeurs caractérisant le circuit, l'expression de l'intensité du courant électrique, $I_0$, qui s'établit en régime permanant. Déterminer sa valeur.

**c-**

**$c_1$-** Déterminer l'expression de la constante $\tau$ pour que $i(t)=I_0.(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ soit solution de l'équation différentielle.

**$c_2$-**. Montrer, d'après l'équation différentielle, que la constante $\tau$ s'exprime dans le système international d'unité en seconde. Quelle est la signification physique de la constante $\tau$ ?

**$c_3$-** Déterminer $\tau$ .

**3°/** Sachant que l'écart entre la tension aux bornes du résistor et la tension aux bornes de la bobine en régime permanant est de **8,5V.**

**a-** *Déterminer la résistance interne r de la bobine.*

**b-** Déduire l'inductance L de la bobine et la fem E du générateur.

**4°/** Représenter, sur la figure -3-, l'allure de la courbe d'évolution de la tension $u_B$ aux bornes de la bobine. Préciser les coordonnées de trois points remarquables de cette courbe.

## EXERCICE N°2 :

On réalise à l'aide d'une bobine (B) d'inductance **L=1H** et de résistance interne r, un générateur de fem **E = 6V**, un résistor de résistance **R =1kΩ**, un condensateur de capacité **C= 2.10$^{-6}$F** et un commutateur K, le circuit de la figure-4-.

**1°/** A une date pris comme origine de temps **($t_0$=0s)**, on bascule le commutateur K en position (2). L' oscillogramme donnant l'évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est représentée par la figure-5-.

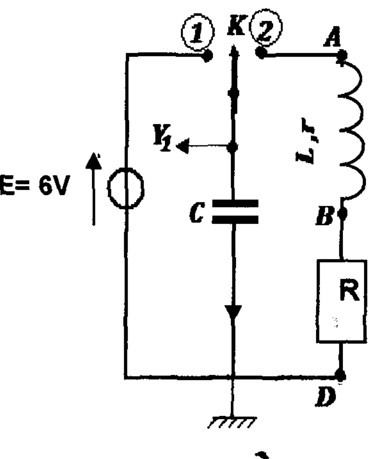



**Figure-4-**

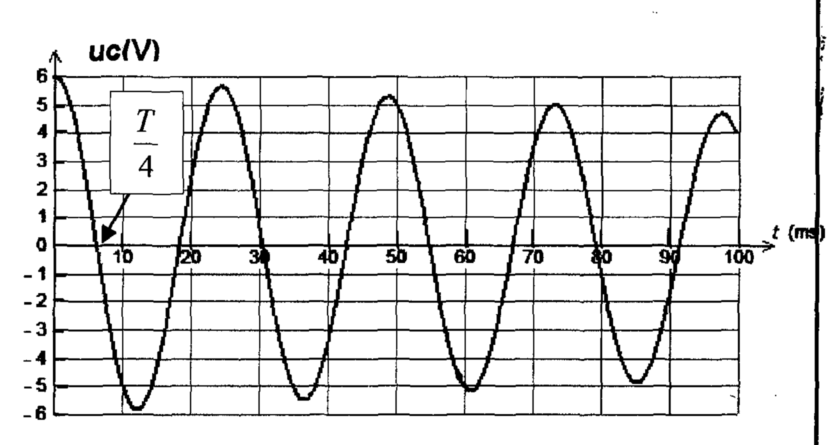



**Figure -5-**

**a-** Expliquer, énergétiquement, pourquoi l'amplitude d'oscillation de la tension $u_C$ diminue progressivement au cours du temps. De quel régime d'oscillation s'agit-il ?

**b-** Dans l'intervalle de temps $\left[0, \frac{T}{4}\right]$ :

**b₁-** Préciser, en justifiant la réponse, le sens de circulation réel du courant électrique.

**b₂-** Déterminer aux instants de dates $t_0$=0s et $t_1 = \frac{T}{4}$ la charge électrique q du condensateur et l'intensité, i, du courant électrique.

**2°/**

**a-** Etablir l'équation différentielle régissant les variations de la charge q du condensateur lorsque le commutateur est fermé sur la position (2).

**b-** Donner l'expression de l'énergie totale E emmagasinée dans le circuit en fonction de i, q, L, et C.

**c-** Montrer que cette énergie est en diminution au cours du temps.

**d-** Déduire la variation de l'énergie totale E entre les dates $t_0$=0s et $t_1 = \frac{T}{4}$.

**3°/** On remplace, dans le circuit, le résistor de résistance R par un autre de résistance R' on obtient un oscillogramme donnant l'évolution de $u_c(t)$ en fonction du temps qui présente **6 oscillations** pendant une durée **Δt=100ms**. Comparer, avec justification, R et R'.

## EXERCICE N°3 :

Un stimulateur cardiaque est un dispositif très miniaturisé [(1)]. C'est un appareil électrique implanté dans l'organisme qui rétablit le rythme normal de contraction du muscle cardiaque relié au cœur humain par des électrodes appelées sondes. Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium; il génère de petites impulsions électriques [(2)] de basse tension qui forcent le cœur à battra à un rythme régulier et suffisamment rapide.
Le générateur d'impulsions du stimulateur cardiaque peut être modélisé par le circuit de la **figure-6-**.
La valeur de r est très faible de telle sorte que le condensateur se charge très rapidement lorsque l'interrupteur (en réalité un dispositif électronique) est en position 1. Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en position 2 et le condensateur se décharge lentement dans la résistance R, de valeur élevée.

Quand la tension aux bornes de R atteint une valeur donnée, le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes. Un interrupteur bascule simultanément en position -1- et la recharge du condensateur se fait quasiment instantanément à travers r. Le processus recommence.

D'après **Ed Bréal.**

**(1)** : de très petite taille.
**(2)** : variation brusque d'intensité d'énergie.

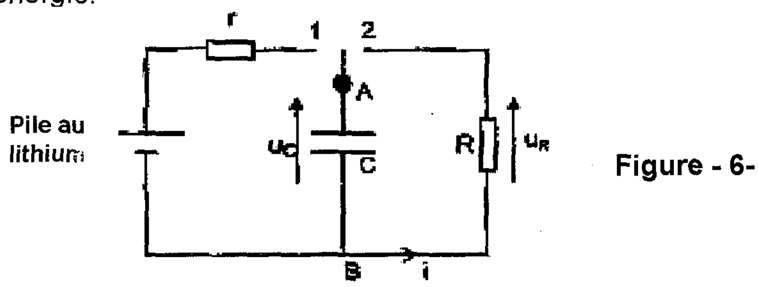


Figure - 6-

### *Questions :*

**1°/** Prélever du texte la phrase qui exprime le rôle du stimulateur cardiaque? Expliquer, par trois phrase du texte son mode de fonctionnement.

**2° /** Le fonctionnement du stimulateur cardiaque est-il basé sur les propriétés physiques d'un dipôle RL, d'un dipôle RC ou d'un dipôle RLC ? Justifier.

**3°/** Expliquer d'après le texte l'utilisation d'une faible résistance r dans le circuit de charge du condensateur.

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/** L'acide carboxylique : $HCO_2H$ et l'alcool : $CH_3-CH_2-OH$.

**2°/ a-** Le taux d'avancement final, $\tau_f$, d'une réaction chimique est égal au quotient de son avancement final $x_f$ par son avancement maximal $x_{max}$.

**b-** *

| | Acide | + Alcool | ⇄ Ester | + Eau | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t = 0s | $n_0$ | $n_0$ | 0 | 0 | mol. |
| A $t_f$ | $n_0 - x$ | $n_0 - x$ | x | x | mol. |
| A $t_f$ | $n_0 - x_f$ | $n_0 - x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | mol. |

$$* \; K = \pi_{éq} = \left(\frac{[Alcool].[Acide]}{[Ester].[Eau]}\right)_{éq} = \left(\frac{\frac{n(Alcool)}{V}.\frac{n(Acide)}{V}}{\frac{n(Ester)}{V}.\frac{n(Eau)}{V}}\right)_{éq} = \left(\frac{n(Alcool).n(Acide)}{n(Ester).n(Eau)}\right)_{éq} = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2}$$

or $\tau_f = \frac{xf}{x_m} = \frac{x_f}{n_0}$ alors $x_f = n_0 . \tau_f$ par suite $K = \frac{n_0^2.\tau_f^2}{(n_0 - n_0.\tau_f)^2} = \frac{n_0^2.\tau_f^2}{n_0^2.(1-\tau_f)^2} = \frac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2}$ .

**c-** $2 = \frac{\tau_f}{1-\tau_f}$ ou $2 = -\frac{\tau_f}{1-\tau_f}$ alors $\tau_f = \frac{2}{3} = 0,66$ ou $\tau_f = 2 > 1$ impossible.

**d-** $\tau_f = \frac{2}{3} = 0,66 < 1$ alors la réaction d'estérification est limitée.

**3°/ a-** *D'après le tableau -1- on a $V_{BE}$ (tube A) < $V_{BE}$ (tube C) or au point d'équivalence acide-base on a : $n_{Acide\ restant} = C_B . V_{BE}$ par suite $n_{Acide\ restant}$ (tube A) < $n_{Acide\ restant}$ (tube C) alors la réaction d'estérification dans le tube A est plus rapide que dans le tube C par suite le facteur cinétique mis en jeu est le catalyseur (solution d'acide sulfurique).

D'après le tableau -2- on a $V_{BE}$ (tube B) < $V_{BE}$ (tube D) or au point d'équivalence acide-base on a $n_{Acide\ restant} = C_B . V_{BE}$ par suite $n_{Acide\ restant}$ (tube B) < $n_{Acide\ restant}$ (tube D) alors la réaction d'estérification dans le tube B est plus rapide que dans le tube D par suite le facteur cinétique mis en jeu est la température.

* $V_{BE}$ (tube A)$_{t=60\ min}$ = $V_{BE}$ (tube C)$_{t=90\ min}$ alors pour $t \geq 60$ min on a $n_{Acide\ restant}$ est constant par suite le contenu du tube A est en état d'équilibre.

**b-** $n_1 = n_{Acide\ restant} = C_B . V_{BE}$ .AN : $n_1 = 2.10^{-2}$ mol.

**c-** $\tau_f = \frac{x_f}{n_0}$ or $n_1 = n_0 - x_f$ alors $x_f = n_0 - n_1$ par suite $\tau_f = \frac{n_0 - n_1}{n_0} = 1 - \frac{n_1}{n_0}$ alors $n_0 = \frac{n_1}{1-\tau_f}$.

AN : $n_0 = 5,88.10^{-2}$ mol et $x_f = n_0 - n_1$ . AN : $x_f = 3,8.10^{-2}$ mol.

**4°/**

**a-** Acide + Alcool $\rightleftarrows$ Ester + Eau

| | Acide | Alcool | Ester | Eau | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,25 | 0,25 | 0,6 | 0,6 | mol |
| A $t_f$ | 0,25 + $x_f$ | 0,25 + $x_f$ | 0,6 – $x_f$ | 0,6 – $x_f$ | mol |

$\pi = \frac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}}$. AN : $\pi$ = 5,76 alors $\pi$ > K alors le système n'est pas en état d'équilibre et il évolue spontanément dans le sens inverse (réaction d'hydrolyse spontanée).

**b-** K= $\frac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}} = \frac{(0,6-x_f)^2}{(0,25+x_f)^2}$ alors $2=\frac{0,6-x_f}{0,25+x_f}$ ou $2=-\frac{0,6-x_f}{0,25+x_f}$ alors

$x_f$ = 0,033 mol ou $x_f$ = -1,1mol < 0 par suite $x_f$ = 0,033 mol.

D'où la composition du mélange à l'équilibre :

n(ester) = n(eau) = 0,6 – 0,033 = 0,567 mol.

n( acide) = n(alcool) = 0,25 + 0,033 = 0,283 mol.

## EXERCICE N°2 :

**1°/ a-** $2\,Fe^{3+} + 2\,I^- \rightleftarrows I_2 + 2\,Fe^{2+}$

| | $2\,Fe^{3+}$ | $2\,I^-$ | $I_2$ | $2\,Fe^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| à t=0 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 | mol |
| à t$\neq$0 | 0,1-2$x_f$ | 0,1-2$x_f$ | $x_f$ | 2$x_f$ | mol |

**b-b₁-** 3 $x_f$ = $n_T$ alors $x_f = \frac{n_T}{3}$. AN : $x_f = \frac{0,149}{3}$ = 0,04966mol.

**b₂-** $$K=\frac{[I_2].[Fe^{2+}]^2}{[I^-]^2.[Fe^{3+}]^2}=\frac{\frac{n_{I_2}}{V}.\left(\frac{n_{Fe^{2+}}}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_{Fe^{3+}}}{V}\right)^2.\left(\frac{n_{I^-}}{V}\right)^2}=\frac{n_{I_2}.n_{Fe^{2+}}{}^2}{n_{Fe^{3+}}{}^2.n_{I^-}{}^2}\times V.$$

Composition du mélange à l'équilibre :

n($Fe^{3+}$)=6,8.$10^{-4}$mol ; n($Fe^{2+}$)= 0,09932 mol ; n($I^-$)= 6,8.$10^{-4}$mol ; n($I_2$)= 0,04966 mol.

K= $\frac{0,04966\times0,09932^2}{(6,8.10^{-4})^4}\times0,1$ = 2,2911023.$10^8$ > $10^4$ donc la réaction est totale.

**2°/** $\tau_f=1$ puisque la réaction est totale.

# PHYSIQUE :

## EXERCICE N°1 :

**1°/**En agitant la lampe, on varie le champ magnétique crée par l'aimant à l'intérieur de la bobine en circuit fermé créant un courant électrique dit courant d'induction, c'est le phénomène d'induction.

**2°/** Dans cette lampe, l'aimant est l'inducteur et la bobine est l'induit.

**3°/** La lampe à induction est capable d'émettre la lumière même après avoir cessé de la secouer car elle est alimentée par le condensateur chargé capable d'emmagasiner une énergie électrique qui se transforme progressivement aucours du temps en énergie électrique à travers la diode.

**4°/** La lampe à induction est une lampe durable et économique (sans utilisation de pile).

## EXERCICE N°2 :

**1°/**

**a-** $u_{BM}(t) = R_0 .\, i(t)$ comme $R_0$ est une constante positive alors $u_{BM}(t)$ et i(t) sont proportionnelles elles varient de la même façon.

**b-** Dans la partie (HN) l'intensité du courant qui circule dans le circuit est variable au cours du temps, puisque $u_{BM}(t)$ varie au cours du temps, dans la partie (HN) du chronogramme (C) le circuit est en régime transitoire.

**c-** $t_C = 5.10^{-3}$s.

**2°/**

**a-** $u_{AB}(t) + u_{BM}(t) = E$ alors $L\frac{di}{dt} + ri + R_0 i = E$ alors $L\frac{di}{dt} + (r+R_0)i = E$.

**b-** La constante de temps, $\tau$, d'un dipôle RL est une grandeur qui caractérise le retard de l'établissement du régime permanent dans le circuit qui le renferme.

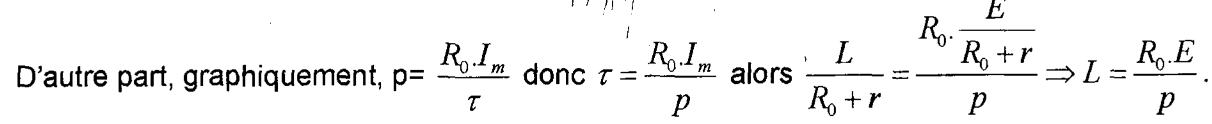
$\tau = \frac{t_C}{5}$. AN : $\tau = \frac{5.10^{-3}}{5} = 10^{-3} s$.



**c-**

**$c_1$-** En régime permanent $i(t) = I_m = \frac{E}{R_0 + r}$.

La constante de temps, $\tau$, d'un dipôle RL est exprimée par $\tau = \frac{L}{R_0 + r}$.



D'autre part, graphiquement, $p = \frac{R_0.I_m}{\tau}$ donc $\tau = \frac{R_0.I_m}{p}$ alors $\frac{L}{R_0 + r} = \frac{R_0.\frac{E}{R_0+r}}{p} \Rightarrow L = \frac{R_0.E}{p}$.

**$c_2$-** $I_m = \frac{E}{R_0 + r}$

D'après l'équation différentielle et en régime permanent $U_0 + r.I_m = E$

par suite $r = \frac{E - U_0}{I_m} = \frac{E-U_0}{\frac{U_0}{R_0}} = R_0(\frac{E}{U_0} - 1)$.

**3°/** $L = \frac{R_0.E}{p}$.AN : $L = \frac{50.6}{\frac{5}{10^{-3}}}$ alors $L = 0,06H$.

$r = R_0(\frac{E}{U_0} - 1)$. AN : $r = 50.(\frac{6}{5} - 1)$ alors r =10Ω.

**4°/**

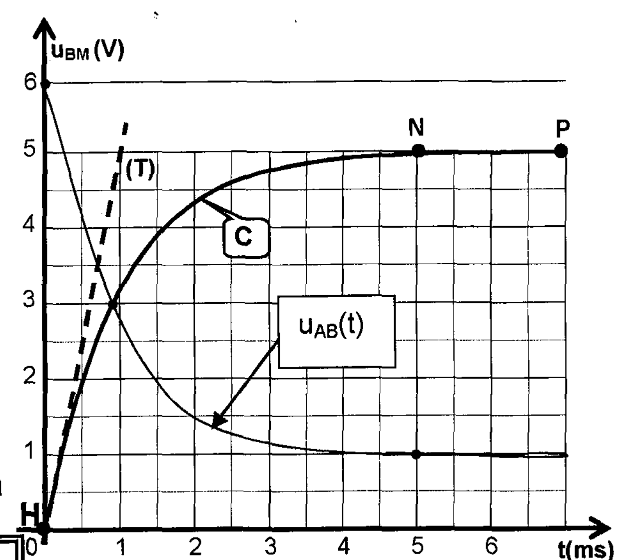
**a-** D'après la loi de maille : $u_{AB}(t) = E - u_{BM}(t)$.

**b-**

A t=0 :i=0 alors $u_{BM}(t=0) = 0$ donc $u_{AB}(t) = E$.

Lorsque $u_{BM}(t) = u_{AB}(t) = \frac{E}{2}$ =3V.

En régime permanent : $u_{AB}(t)$ = 1V atteind à la date $t_C = 5.10^{-3}$s.

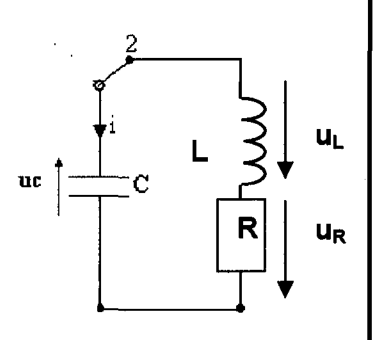


## EXERCICE N°3 :

**1°/** Le condensateur conserve sa charge, car il est en circuit ouvert.

**2°/a-** $T = 5.10^{-3} \times 4 = 2.10^{-2}$ s.

**b-** $T \approx T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ alors $T_0^2 = 4\pi^2 LC$ alors $C = \dfrac{T_0^{\,2}}{4.\pi^2.L}$. AN : $C = 10^{-5}$ F.




**c-** D'après la loi de maille $u_L(t) + u_R(t) + u_C(t) = 0$ alors $L\dfrac{di}{dt} + Ri + u_C = 0$

or $i = \dfrac{dq}{dt} = C\dfrac{du_C}{dt}$ alors $LC\dfrac{d^2u_C}{dt^2} + RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C = 0$

alors $\dfrac{d^2u_C}{dt^2} + \dfrac{R}{L}\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{1}{LC}u_C = 0$.

**3°/ a-** $\xi = \dfrac{1}{2}Cu_C^2 + \dfrac{1}{2}L.i^2$ alors $\dfrac{d\xi}{dt} = C.u_C.\dfrac{du_C}{dt} + L.i\dfrac{di}{dt} = u_C.i + L.i.\dfrac{di}{dt} = i.(u_C + L.\dfrac{di}{dt}) = i.(-R.i^2) = -R.i^2 < 0$

d'où l'énergie totale $\xi$ diminue au cours du temps.

**b-** $\xi_{Thermique} = |\xi_{(t_2)} - \xi_{(t_1)}|$. $*\xi_{(t_1)} = \dfrac{1}{2}L.\,i_1^2 + \dfrac{1}{2}C.\,u_{C1}^2$. Avec $u_{C1} = 6$V et $i_1 = \dfrac{dq}{dt} = C.\dfrac{du_C}{dt}$

$= C\times$ (coefficient directeur de la tg à la courbe $u_C(t)$ à $t_1$). AN : $i_1 = 10^{-5}\times(\dfrac{(10-2)}{(15-20)\times10^{-3}}) = -0{,}016$ A

par suite $\xi_{(t_1)} = 3{,}08.10^{-4}$J.

$*\xi_{(t_2)} = \dfrac{1}{2}L.i_2^2 + \dfrac{1}{2}C.u_{C2}^2$. Avec $u_{C2} = -6$V et $i_2 = 0$ alors $\xi_{(t_2)} = 1{,}8.10^{-4}$J. $\Delta\xi = |\xi_{(t_2)} - \xi_{(t_1)}| = 1{,}28.10^{-4}$J

**4°/a-** $*u_{Bob}(t) = u_{Bob\,max}.\sin(W_0.t + \varphi_{u_{Bob}})$. On a $u_{Bob\,max} = 10$V ; $\omega_0 = \dfrac{2\pi}{T_0}$. AN: $\omega_0 = \dfrac{2\pi}{2.10^{-3}} = \pi.10^3$ rad.s$^{-1}$ et

à t=0 s, $u_{Bob} = u_{Bob\,max}.\sin\varphi_{u_{Bob}} = 5\sqrt{2}$ alors $\sin\varphi_{u_{Bob}} = \dfrac{5\sqrt{2}}{10} = \dfrac{\sqrt{2}}{2}$ alors $\varphi_{u_{Bob}} = \dfrac{\pi}{4}$ rad ou $\varphi_{u_{Bob}} = \dfrac{3.\pi}{4}$ rad

or à t=o s, la courbe $u_{Bob}(t)$ est croissante alors $\dfrac{du_{Bob}(t)}{dt} > 0$ alors $\cos\varphi_{u_{Bob}} > 0$ par suite $\varphi_{u_{Bob}} = \dfrac{\pi}{4}$ rad.

$u_{Bob}(t) = 10.\sin(\pi.10^3 t + \dfrac{\pi}{4})$ (V).

* On a : $u_{Bob}(t) + u_C(t) = 0$ alors $u_C(t) = -u_{Bob}(t)$ alors $u_C(t) = -10.\sin(\pi.10^3 t + \dfrac{\pi}{4}) = 10.\sin(\pi.10^3 t - \dfrac{3\pi}{4})$(V).

**b-** On a : $u_{Bob}(t)$ et $u_C(t)$ sont en opposition de phase. Figure -6-.

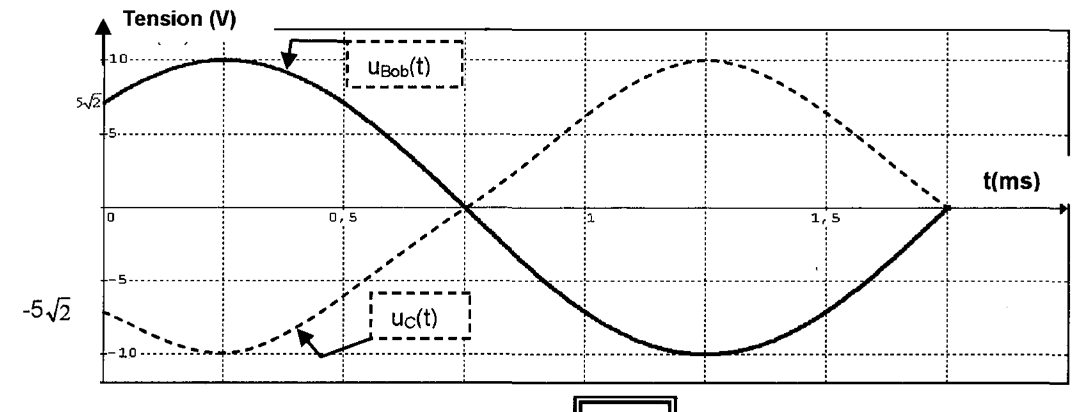



Figure -6-

## CORRECTION

### CHIMIE :

**EXERCICE N°1 :**

**1°/** D'après la courbe on a : $\tau_f = 1$ alors la réaction est totale.

**2°/** La réaction est totale alors $x_f = x_m$ et $I^-$ est limitant d'où $n(I^-)_{tf} = 2.10^{-2} - 2x_m = 0$ alors $x_m = 10^{-2}$ mol.

**3°/ a-** A $t_1 = 10$ mn, on a: $\tau_1 = 0,7$ or $\tau_1 = \dfrac{x_1}{x_m}$ alors $x_1 = \tau_1 x_m$ .AN: $x_1 = 0,7 \times 10^{-2} = 7.\ 10^{-3}$ mol.

$n(I^-)_{t1} = 0,6.10^{-2}$ mol, $n(S_2O_8^{2-})_{t1} = 1,3.10^{-2}$ mol, $n(I_2)_{t1} = 0,7.10^{-2}$ mol et $n(SO_4^{2-})_{t1} = 1,4.10^{-2}$ mol.

**b-**

**$b_1$-** $V_t = \dfrac{dx}{dt}$ or $\tau = \dfrac{x}{x_m}$ alors $x = \tau\ x_m$ d'où $V_t = x_m \dfrac{d\tau}{dt}$.

**$b_2$-** $V_{t_1} = x_m \dfrac{d\tau}{dt} = x_m a$ ; avec a : le coefficient directeur de la tan à la courbe $\tau = f(t)$ au point $M_1$ d'abscisse $t_1 = 10$ mn. $V_{t_1} = 10^{-2}\ (\dfrac{0,7-0,4}{10-0}) = 3.10^{-4}$ mol.mn$^{-1}$.

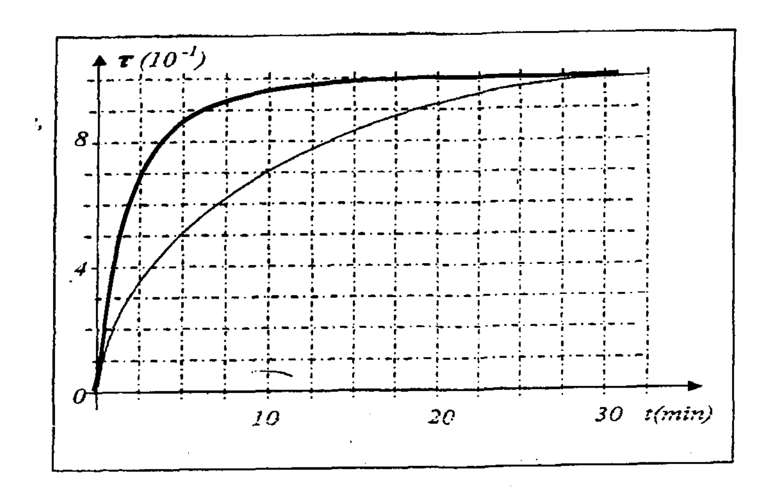
**4°/**

**a-** La modification de la composition initiale du mélange réactionnel:

** N'a pas d'effet sur $\tau_f$, car la réaction est totale ($\tau_f = 1$).

** Augmente la vitesse de la réaction à t=0, car on a augmenté la concentration de $I^-$.

**b-** $V_t$ augmente alors la réaction atteint $\tau_f = 1$ plus rapidement que l'expérience précédente.



## EXERCICE N°2 :

**1°/** $H-COOH + HO-CH_2-CH_2-CH_3 \rightleftarrows H-COO-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2O$

$H-COO-CH_2-CH_2-CH_3$ Méthanoate de propyle.

**2°/**

**a-**

| | Acide | + | Alcool | $\rightleftarrows$ | Ester | + | Eau | . |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,06 | | 0,06 | | 0 | | 0 | mol. |
| A t $0 \prec t \prec t_f$ | 0,06 – x | | 0,06 – x | | x | | x | mol. |
| A $t_f$ | 0,06 – $x_f$ | | 0,06 – $x_f$ | | $x_f$ | | $x_f$ | mol. |

- En supposant que la réaction est totale : 0,06 – x $\geq 0$ donc $x \leq 0,06$mol d'où $x_m$ = 0,06 mol.
  $n_{Acide/Final}$ =0,06 - $xf$ =0,02mol (Graphiquement) alors $xf$ =0,06 - 0,02= 0,04mol
  et puisque $xf < x_m$ alors la réaction est limitée.

- la réaction est lente car la quantité d'acide diminue progressivement au cours du temps.

**b-** $v(t_1) = \dfrac{dx}{dt}_{/t_1} = -\dfrac{dn_{(Ac)}}{dt}_{/t_1}$ = - Coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_{(Ac)} = f(t)$ à

l'instant $t_1 = -\left(\dfrac{(0,042-0)}{0-3,5}\right) = 1,2.10^{-2} mol.h^{-1}$.

**c-** A $t_1$=1h, $n_{Acide/Final}$ =0,03mol = $C_B.V_{BE}$ alors $V_{BE} = \dfrac{n_{Ac/rest}}{C_B} = \dfrac{0,03}{1} = 0,03L.$

**3°/**

**a-** $n_{Acide/Final} = n_{Alcool/Final}$ =0,02mol et $n_{Ester/Final} = n_{Eau/Final}$ =0,04mol

**b-** $K = \pi_{éq} = \left(\dfrac{[Ester].[Eau]}{[Alcool].[Acide]}\right)_{éq} = \left(\dfrac{\dfrac{n(Ester)}{V}.\dfrac{n(Eau)}{V}}{\dfrac{n(Alcool)}{V}.\dfrac{n(Acide)}{V}}\right)_{éq} = \left(\dfrac{n(Ester).n(Eau)}{n(Alcool).n(Acide)}\right)_{éq}$ AN : $K = \dfrac{0,04^2}{0,02^2} = 4$ .

**4°/**

| | Acide | + | Alcool | $\rightleftarrows$ | Ester | + | Eau | . |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,06 | | $n_0$ | | 0 | | 0 | mol. |
| A $t_f$ | 0,06 – $x_f$ | | $n_0 - x_f$ | | $x_f$ | | $x_f$ | mol. |

**a-** Puisque $n_{Acide/F(2)} < n_{Acide/F(1)}$ alors on a agit sur la composition initiale du mélange d'où le facteur cinétique qui influe est la concentration des réactifs.

**b-** $xf$ =0,06 - 0,012= 0,048mol et $K = \pi_{éq} = \dfrac{n(Ester).n(Eau)}{n(Alcool).n(Acide)} = \dfrac{x_f^2}{(0,06-x_f).(n_0-x_f)}$ alors

$n_0 - 0,048 = \dfrac{0,048^2}{0,012 \times 4}$ d'où $n_0 = \dfrac{0,048^2}{0,012 \times 4} + 0,048 = 0,096 mol.$

**5°/ a-**

| | Acide | + | Alcool | $\rightleftarrows$ | Ester | + | Eau | . |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,25 | | 0,25 | | 0,6 | | 0,6 | mol. |
| A $t_f$ | 0,25 | | 0,25 | | 0,6 | | 0,6-$n_{eau}$ | mol. |

A t =0s, $\pi = \dfrac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}}$. AN : $\pi = \dfrac{0,6^2}{0,25^2}$ = 5,76. $\pi \succ K$ .

Pour que les quantités de matière d'alcool, ester, et acide restent invariables il faut extraire de l'eau pour ramener la valeur de $\pi$ à la valeur de K et ramène le système à l'équilibre chimique.

**b-** $K = \dfrac{0,6(0,6-n_{eau})}{0,25^2}$ alors $n_{eau/éq}$= 0,6 - $\dfrac{0,25^2 \times K}{0,6}$ .AN : $n_{eau/éq}$=0,184 mol.

$n_{eau/extr}$= 0,6 - 0,184=0,416mol.

$n_{eau/extr} = \dfrac{m_{(H_2O)}}{M_{(H_2O)}} \Leftrightarrow m_{eau/extr} = n_{eau/extr} M_{(H_2O)}$ AN: $m_{eau/extr}$= 0,416x18= 7,488g.

$\rho_{(H_2O)} = \dfrac{m_{eau/extr}}{V_{eau/extr}} \Leftrightarrow V_{eau/extr} = \dfrac{m_{eau/extr}}{\rho_{(H_2O)}}$ AN : $V_{eau/extr} = \dfrac{7,488}{1}$ = 7,488mL.

## PHYSIQUE

### EXERCICE N°1 :

**1° /** Le circuit inductif ( comportant une bobine).

**2°/** * Le phénomène d'auto-induction.

* A l'ouverture de l'interrupteur, la bobine jouant le rôle de l'inducteur et de l'induit est traversée par un courant inducteur d'intensité décroissante alors elle produit un courant auto induit de même sens que celui de l'inducteur .

**3°/** L'importance de fem d'auto-induction depend de l'intensité du courant électrique interrompu et de la rapidité de l'interruption.

**4°/** Il y a risque d'électrocution et pour l'éviter il suffit de brancher une diode en // avec la bobine.

### EXERCICE N°2 :

**1°/** La loi des mailles : $u_{AB}$ (t) + $u_{BM}$(t) – E =0 alors $L\dfrac{di}{dt}+ri+R_0i=E$

alors $L\dfrac{di}{dt}+(r+R_0)i=E$.

**2°/** i(t) = $\dfrac{E}{R_0+r}(1-e^{\frac{-t}{\tau}}) = \dfrac{E}{R_0+r} - \dfrac{E}{R_0+r}e^{\frac{-t}{\tau}}$ et $\dfrac{di(t)}{dt} = \dfrac{E}{(R_0+r)\tau}e^{\frac{-t}{\tau}} = \dfrac{E}{L}e^{\frac{-t}{\tau}}$

$L\dfrac{di(t)}{dt} + (R_0 + r)\, i(t) = E e^{\frac{-t}{\tau}} + (R_0 + r)\dfrac{E}{R_0+r} - (R_0 + r)\dfrac{E}{R_0+r}e^{\frac{-t}{\tau}} = E$ d'où

$i(t) = \dfrac{E}{R_0+r}(1-e^{\frac{-t}{\tau}})$ est une solution de l'équation différentielle $L\dfrac{di}{dt}+(r+R_0)i=E$.

**3°/**

**a-** * $u_{BM}(t) = R_0\, i(t)$ , dans le régime permanant $u_{BM}$(permanant) = $R_0 I_0$

$L\dfrac{di}{dt}+(r+R_0)i=E$ dans le régime permanant i= $I_0$ = Cte alors $\dfrac{di(t)}{dt}$ = 0 d'où $I_0 = \dfrac{E}{R_0+r}$

$u_{BM}$(permanant) = $R_0 I_0 = R_0 (\dfrac{E}{R_0+r})$.

* $u_{AB}(t) = L\dfrac{di(t)}{dt} + r\, i(t)$ dans le régime permanant i= $I_0$ = Cte alors $\dfrac{di(t)}{dt}$ = 0 et $I_0 = \dfrac{E}{R_0+r}$ d'où

$u_{AB}$( permanent ) = $r I_0 = r (\dfrac{E}{R_0+r})$.

**b-** A t=0, on a i=0 alors $u_{BM} = R_0\, i = 0$, au cours du temps i augmente d'où $u_{BM}$ augmente alors la courbe (1) correspond à la tension $u_{BM}(t)$ par suite la courbe (2) correspond à la tension $u_{AB}(t)$.

**4°/**

**a-** $\Delta U = u_{BM}(\text{permanant}) - u_{AB}(\text{permanant}) = R_0 I_0 - r I_0 = (R_0 - r)I_0$.

**b-** $\Delta U = (R_0 - r)I_0$ alors $I_0 = \dfrac{\Delta U}{R_0 - r}$ .AN : $I_0 = \dfrac{3,8}{22-3} = 0,2$ A.

**c-** $I_0 = \dfrac{E}{R_0 + r}$ alors $E = I_0 (R_0 + r)$. AN: E = 0,2 x (22 + 3)= 5 V.

**5°/a-** * La constante de temps, $\tau$ , d'un dipôle RL est une grandeur qui caractérise le retard de l'établissement du régime permanent dans le circuit.

* $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection de la tan à la courbe $u_{BM}(t)$ à t=0 et l'asymptote $u_{BM} = u_{BM}(\max)$ alors $\tau = 10^{-3}$ s.

**b-** $\tau = \dfrac{L}{R_0 + r}$ alors $L = \tau\,(R_0 + r)$ .AN: $L = 10^{-3}\,(22 + 3) = 0,025$H.

**c-** $e = -L\,\dfrac{di(t)}{dt}$ à t=0 or $i = \dfrac{u_{BM}}{R_0}$ alors $e = -\dfrac{L}{R_0}\,\dfrac{du_{BM}(t)}{dt}$ à t=0 alors $e = -\dfrac{L}{R_0}\,a$, avec a : coefficient

directeur de la tan à la courbe $u_{BM}(t)$ à t=0 alors $e = -\dfrac{0,025}{22} \times \left(\dfrac{u_{BM_{\max}} - 0}{\tau - 0}\right) = -\dfrac{0,025}{22} \times \left(\dfrac{4,4-0}{10^{-3} - 0}\right) = -5$V.

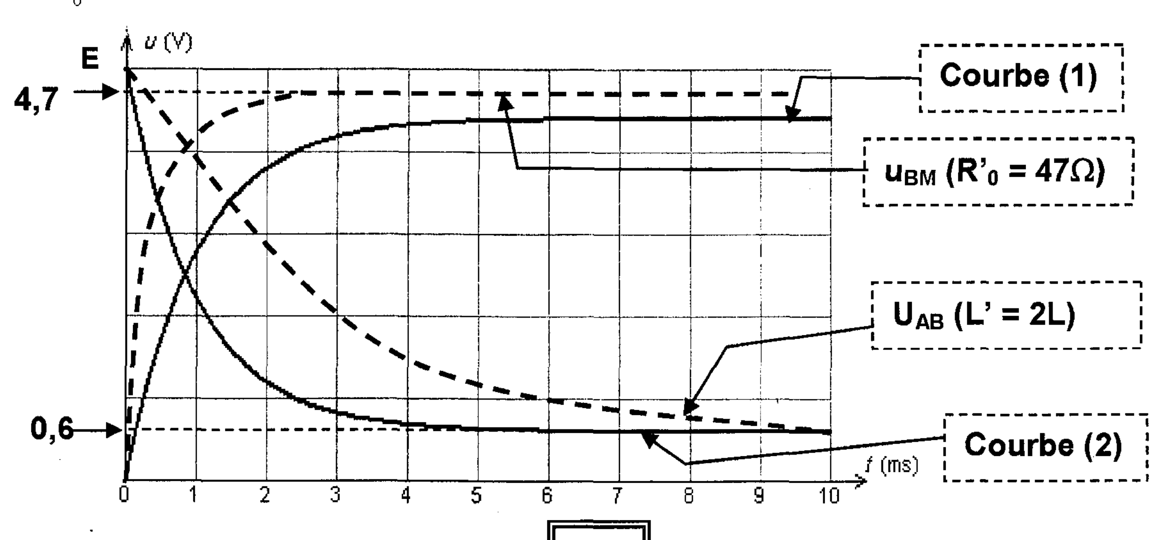
**6°/** $t_A = 0,8\,.10^{-3}$ s et $u_A = \dfrac{E}{2} = 2,5$ V.

**7°/a-** * A t=0, $u_{BM} = 0$ et lorsque t tend vers l'infini $u_{BM} = R'_0 I_0 = R'_0\dfrac{E}{R'_0 + r}$ .AN: $u_{BM} = 47 \times \left(\dfrac{5}{47+3}\right) = 4,7$V.

* $\tau' = \dfrac{L}{R'_0 + r}$ .AN : $\tau' = \dfrac{0,025}{47+3} = 0,5.10^{-3}$ s alors $5\tau' = 2,5.10^{-3}$s.

**b-** * A t=0, $u_{AB} = E$ et lorsque t tend vers l'infini $u_{AB} = r I_0$ AN : $u_{AB} = 3 \times 0,2 = 0,6$V.

* $\tau' = \dfrac{L'}{R_0 + r}$ .AN : $\tau' = 2\tau = 2\;10^{-3}$ s alors $5\tau' = 10.10^{-3}$s.



**A/** Charge du condensateur.

Les électrons se déplacent du borne négative du générateur et s'accumulent sur l'armature B qui devient électrisé négativement, par influence l'armature A devient électrisé positivement en libérant des électrons vers la borne positive du générateur, le condensateur est alors chargé.

**B/**

**1°/**

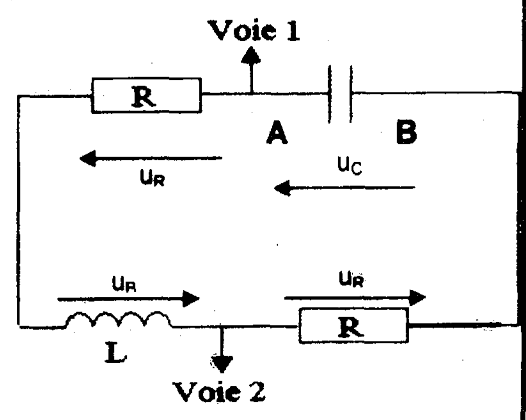
**a-** Etat d'oscillation : Les grandeurs qui caractérisent le circuit $(u_c(t), u_R(t)..)$ varient au cours du temps de part et d'autre de leur valeur nulle.

Oscillations libres : les oscillations s'effectuent sans intervention d'un générateur.

Oscillations amorties : l'amplitude des oscillations diminue progressivement au cours du temps.

**b-** A t=0, le condensateur est chargé $u_C=E=6V$ la courbe partant à l'origine des temps de l'ordonné 6V correspondant à $u_C(t)$ donc la courbe $C_1$ représente $u_C(t)$ et la courbe $C_2$ représente $u_R(t)$

**2°/**




**a-** D'après la loi de maille : $u_B(t) + 2\,u_R(t) + u_C(t) = 0$

alors $L\frac{di}{dt} + 2Ri + u_C = 0$ or $i = \frac{dq}{dt} = C\,\frac{du_C}{dt}$ alors

$LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + 2RC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$ d'où

$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{2R}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC}u_C = 0$ alors

$$\frac{d^2uc(t)}{dt^2} + \frac{1}{\tau}\frac{duc(t)}{dt} + w_0{}^2uc(t) = 0$$

Avec $\tau = \frac{L}{2R}$ et $w_0{}^2 = \frac{1}{LC}$ .

**b-** $\tau$ est la constante de temps du dipôle RL et $w_0$ est la pulsation propre de l'oscillateur LC.

**3°/** $u_B(t) + 2\,u_R(t) + u_C(t) = 0$ alors $u_B(t) = -(2\,u_R(t) + u_C(t))$ .

A t=0, $u_R(t=0) = 0$ et $u_C(t=0) = 6V$ alors $u_B(t=0) = -6V$.

$$u_B(t=0) = L\frac{di(t)}{dt}(t=0) = \frac{L}{R}\frac{du_R(t)}{dt}(t=0) \text{ alors } L = \frac{u_{B(t=0)} \times R}{\frac{du_R(t)}{dt}_{(t=0)}}$$

$\frac{du_R(t)}{dt}_{(t=0)}$ = Coefficient directeur de la tangente à la courbe $u_R(t)$ à (t=0)= $\frac{-3,5-0}{0,5.10^{-3}-0} = -7000Vs^{-1}$.

$$L = \frac{-6\times100}{-7000} \approx 0,86H.$$

**4°/ a-** $\xi = \frac{1}{2}C.\,u_C{}^2 + \frac{1}{2}L.\,i^2$

$$\frac{d\xi}{dt} = C.\,u_C.\frac{du_C}{dt} + L.\,i.\,\frac{di}{dt} = u_C.i + L.\,i.\,\frac{di}{dt} = i.(\,u_C + L.\,\frac{di}{dt}) = i.\,(-2R.i) = -2R.\,i^2 < 0 \text{ alors}$$

L'énergie totale $\xi$ diminue au cours du temps.

**b-** A t=0 : $u_C=6V$ et $u_R=0$ et $i=\frac{u_R}{R}=0$ : L'énergie est emmagasinée dans le condensateur.

A $t=\frac{T}{4}$ : $u_C$=0 et $u_R$= -3,5V et i=-3,5.$10^{-2}$A : L'énergie est emmagasinée dans la bobine.

Alors entre t=0 et $t=\frac{T}{4}$ l'énergie emmagasinée dans le condensateur se transforme partiellement en énergie magnétique dans la bobine.

**c-** Energie électrostatique : $\xi_e = \frac{1}{2}C.\,u_C^2$, l'énergie magnétique : $\xi_m = \frac{1}{2}L.\,i^2$.

A $t_P$ : $u_C$=2V et $u_R$=0 et $i=\frac{u_R}{R}$ =0 et à $t_Q$ : $u_C$=0 et $u_R$=0,5V et $i=\frac{u_R}{R}$= 5.$10^{-3}$A.

| date | Energie électrostatique | Energie magnétique | Energie électromagnétique |
|---|---|---|---|
| $t_P$ | 2.$10^{-6}$J | 0 | 2.$10^{-6}$J |
| $t_Q$ | 0 | 1,25.$10^{-6}$ J | 1,25.$10^{-6}$ J |

**d-** $\Delta\xi_{(t_Q \to t_P)} = \xi(t_Q) - \xi(t_P)$ . AN : $\Delta\xi_{(t_0 \to t_1)}$ = 1,25.$10^{-6}$ -2.$10^{-6}$ = -0,75.$10^{-6}$J.

**e-** $P_{moy} = \left|\frac{\Delta\xi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{0{,}75.10^{-6}}{1{,}5.10^{-3}}\right|$ = 0,5.$10^{-3}$ W.

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/** $H-COOH + HO-CH_3 \rightleftharpoons H-COO-CH_3 + H_2O$

$H-COO-CH_3$ Méthanoate de méthyle.

**2°/**

**a-**

| | Acide | + | Alcool ⇌ | Ester | + | Eau | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,3 | | 0,3 | 0 | | 0 | mol. |
| A $t0 \prec t \prec t_f$ | $0,3-x$ | | $0,3-x$ | $x$ | | $x$ | mol. |
| A $t_f$ | $0,3-x_f$ | | $0,3-x_f$ | $x_f$ | | $x_f$ | mol. |

**b-** Le taux d'avancement final d'une transformation chimique est le quotient de son avancement final $xf$ par l'avancement maximal $x_m$.

En supposant que la réaction est totale : $0,3 - x \geq 0$ donc $x \leq 0,3$ mol d'où $x_m = 0,3$ mol.

$n_{Acide/Final} = 0,3 - xf = 0,1$mol (Graphiquement) alors - $xf = 0,3 - 0,1 = 0,2$mol

$\tau_f = \frac{xf}{x_m}$. AN : $\tau_f = \frac{0,2}{0,3} = 0,66$.

**c-** Il s'agit d'une transformation :
- Lente car la quantité d'acide diminue progressivement au cours du temps.
- Limitée car $\tau_f \prec 1$.

**3°/ a-** $$K = \pi_{éq} = \frac{[Ester].[Eau]}{[Alcool].[Acide]} = \frac{\frac{n(Ester)}{V}.\frac{n(Eau)}{V}}{\frac{n(Alcool)}{V}.\frac{n(Acide)}{V}} = \frac{n(Ester).n(Eau)}{n(Alcool).n(Acide)}$$

$$K = \pi_{éq} = \frac{x_f^{\,2}}{(0,3-x_f)^2} = \frac{(\tau_f.x_m)^2}{(0,3-\tau_f.x_m)^2} = \frac{\tau_f^{\,2}.x_m^{\,2}}{x_m^{\,2}.(\frac{0,3}{x_m}-\tau_f)^2} = \frac{\tau_f^{\,2}}{(\frac{0,3}{x_m}-\tau_f)^2}$$ sachant que $x_m = 0,3$ mol

alors $K = \pi_{éq} = \frac{\tau_f^{\,2}}{(1-\tau_f)^2}$.

**b-** AN : $K = \frac{0,66^2}{0,33^2} = 4$.

**c-**

**$c_1$-** Au temps de demi-réaction $x_{1/2} = \frac{x_f}{2} = 0,1mol$. A $t_2 = 50\min$ $n_{Acide/t_2} = 0,15mol = 0,3 - x_{t_2}$ alors $x_{t_2} = 0,3 - 0,15 = 0,15mol$ et puisque $x_{t_2} \neq x_{1/2}$ alors $t_2 = 50\min$ n'est pas le temps de demi- réaction.

**c₂-** $V(t_2) = \frac{dx}{dt}_{/t_2} = -\frac{dn_{(Ac)}}{dt}_{/t_2}$ = - Coefficient directeur de la tangente à la courbe $n_{(Ac)} = f(t)$ à l'instant t₂ $= -\left(\frac{(0,25-0)}{0-120}\right) = 2.10^{-3} mol.\min^{-1}$.

**4°/** Par diminution de la température l'état final est atteint pendant une durée plus grande que 100min.

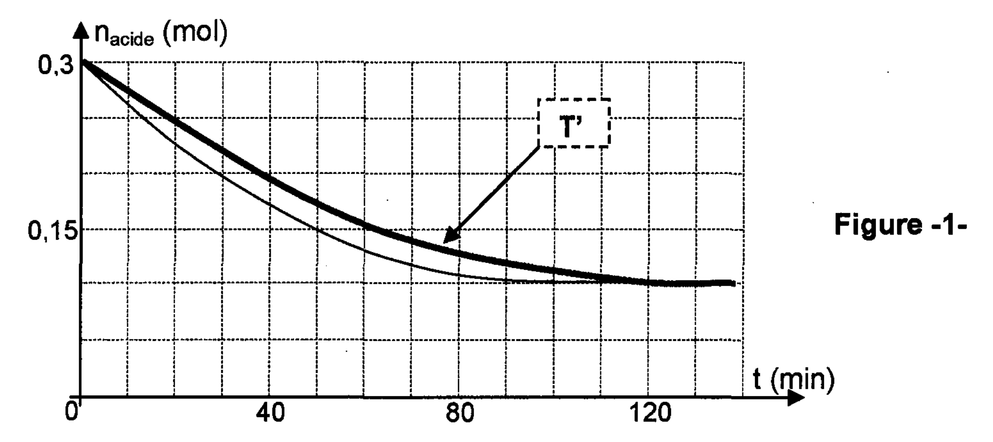



**Figure -1-**

**5°/**

**a-** $\pi = \frac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}}$. AN : $\pi = \frac{0,05^2}{0,2^2}$ = 0,0625. $\pi \neq K$ : Le système n'est pas en état d'équilibre chimique

**b-** $\pi$ < K alors le système évolue spontanément dans le sens direct.

**c-** K= $\frac{n_{ester}.n_{eau}}{n_{acide}.n_{alcool}} = \frac{(0,05+x_f)^2}{(0,2-x_f)^2}$ alors $\frac{0,05+x_f}{0,2-x_f}$ = 2 quelque soit $0 \prec x_f \prec 0,2mol$ alors $x_f$ = 0,116 mol

D'où la composition du mélange à l'équilibre : n(ester) = 0,05 + $x_f$ = 0,1666 mol.

n(alcool) = 0,2 - $x_f$ = 0,0834 mol.

## EXERCICE N°2 :

**1°/** $ClO_4^-{}_{aq}$ + $Fe^{3+}{}_{aq}$ ⇄ $FeClO_4^{2+}{}_{aq}$

| | $ClO_4^-$ | $Fe^{3+}$ | $FeClO_4^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,02 | 0,02 | 0 | mol. |
| A t $0 \prec t \prec t_f$ | 0,02 – x | 0,02 – x | x | mol. |
| A $t_f$ | 0,02 – $x_f$ | 0,02 –$x_f$ | $x_f$ | mol. |

**2°/** $x_f = n_{FeClO_4^{2+}{}_{aq}} = \left[FeClO_4^{2+}\right]_f \times V$. AN: $x_f = 0,11 \times 0,1 = 0,011 mol.$

$x_m$ =0,02mol puisque $x_m \prec x_f$ alors il s'agit d'une transformation limitée.

**3°/** K= $\pi_{éq} = \frac{\left[FeClO_4^{2+}\right]_{éq}}{\left[ClO_4^-\right]_{éq}\left[Fe^{3+}\right]_{éq}} = \frac{x_f.V}{(9.10^{-3})^2} = \frac{0,011 \times 0,1}{(9.10^{-3})^2}.AN: K = 13,58.$

**4°/**

**a-** $\pi = \frac{0,011 \times 0,12}{(9.10^{-3})^2} = 16,29 \neq K$ alors le système n'est plus en équilibre chimique, il est en évolution.

**b-** $\pi \succ K$ alors le système évolue spontanément dans le sens inverse

$$ClO_4^-{}_{aq} + Fe^{3+}{}_{aq} \rightleftarrows FeClO_4^{2+}{}_{aq}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A t =0s | 0,009 | 0,009 | 0,011 | mol. |
| A $t_f$ | 0,009+ $x_f$ | 0,009+$x_f$ | 0,011- $x_f$ | mol. |

$$13,58 = \frac{(0,011 - x_f)\times 0,12}{\left(9.10^{-3} + x_f\right)^2} alors :$$

$$1,1.10^{-3} + 13,58x_f^{\ 2} + 0,244x_f = 1,32.10^{-3} - 0,12x_f.$$

$$13,58x_f^{\ 2} + 0,364x_f - 2,2.10^{-4} = 0$$

$$D'ou : x_{f_1} = 5,91.10^{-4} mol$$

$$x_{f_2} = -2,739.10^{-2} mol \prec 0 (rejeté).$$

Composition finale : $n_{ClO_4^-{}_f} = 9,59.10^{-3} mol,\ n_{Fe^{3+}{}_f} = 9,59.10^{-3} mol$ et $n_{FeClO_4^{2+}{}_f} = 0,0104 mol.$

# PHYSIQUE :

## EXERCICE N°1 :

**1°/**

**a-** Pour étudier l'évolution de i(t) il faut visualiser la tension u(t) aux bornes du résistor R sachant que u(t) et i(t) varient proportionnellement (puisque u(t) = R i(t) et R est une constante positive). Pour cela il faut choisir le circuit électrique comportant le résistor placé à coté de la masse du circuit correspondant au schéma -b-.

**b-**

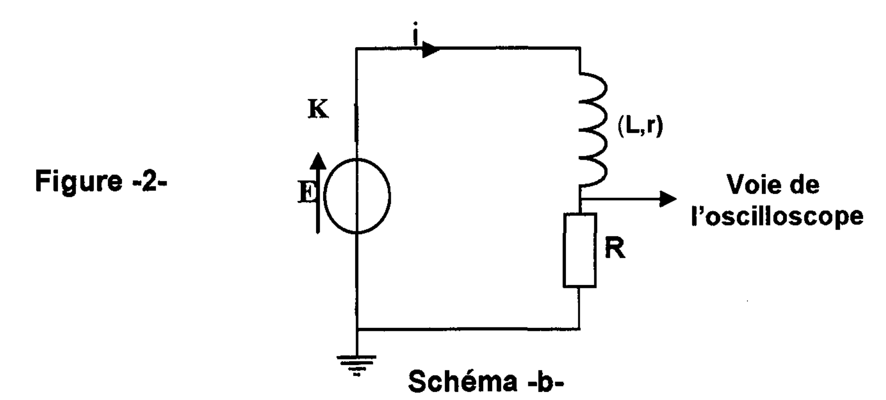



Schéma -b-

**c-** Au cours du temps le courant électrique s'établit dans le circuit en deux régimes :

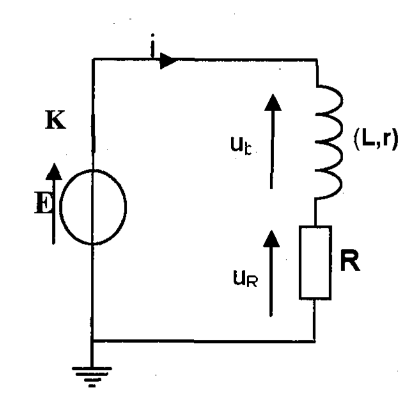
- Régime transitoire : Au cours du quel l'intensité du courant électrique augmente progressivement au cours du temps.
- Régime permanant : Au cours du quel l'intensité du courant électrique reste constante au cours du temps.

Le régime transitoire est dû au phénomène d'auto induction crée à l'intérieure de la bobine qui s'oppose à l'établissement du courant électrique dans le circuit.

**2°/**

**a-** D'aprés la loi des mailles : $u_b(t) + u_R(t) - E = 0$

alors $L\frac{di}{dt}+ri+Ri=E$ alors $L\frac{di}{dt}+(r+R)i=E$




**b-** En régime permanant :

En régime permanant i est constante est égale à $I_0$ non nulle

$\Rightarrow \frac{di}{dt}=0$ d'où $(R+r).I_0=E$ et $I_0=\frac{E}{R+r}$.

$I_0 = \frac{U_{R_p}}{R}$. AN: $I_0 = \frac{10}{100}=0,1A$.

**c-**

**c₁-** $L\frac{di}{dt}+(r+R)i=\frac{L.E}{(R+r).\tau}e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}+(R+r)I_0-(R+r)I_0e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}=(\frac{L.E}{(R+r).\tau}-E)e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}+E$

Pour que i(t)= $I_0(1-E^{\left(-\frac{t}{\tau}\right)})$ soit solution de l'équation différentielle il faut que $\frac{L.E}{(R+r).\tau}-E=0$

alors $\frac{L}{(R+r).\tau}-1=0$ d'où $\tau=\frac{L}{(R+r)}$

**c₂-** $\tau\frac{di}{dt}+i=\frac{E}{R+r}$ d'où $[\tau]=\frac{\left[\frac{E}{R+r}-i\right]}{\left[\frac{di}{dt}\right]}$ par suite $[\tau]=\frac{A}{A.s^{-1}}=s$

$\tau$ est une grandeur physique positive dite constante de temps du dipôle RL qui renseigne sur le retard de l'établissement du régime permanant dans un circuit contenant un dipôle RL .

**c₃-** $\tau$ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe u(t) à t=0 et son asymptote horizontale on trouve alors $\tau$ =10ms.

**3°/**

**a-**

$u_{R_p}-u_{B_p}=(R-r)I_0=8,5V.$

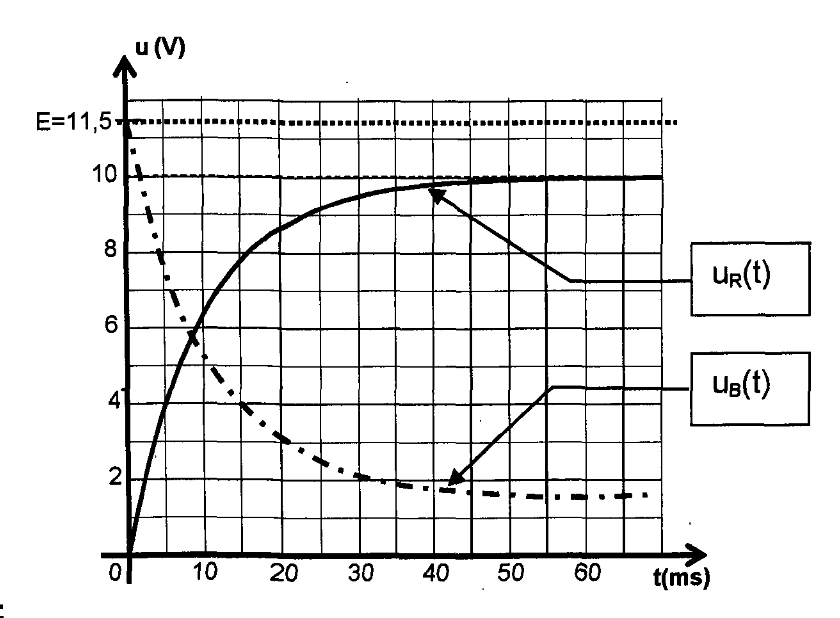
$R-r=\frac{8,5}{I_0} d'ou : r=R-\frac{8,5}{I_0}.AN : r=100-85=15\Omega.$

**b-** $\tau=\frac{L}{(R+r)}$ alors $L=(R+r).\tau$ AN : $L=115\times10^{-2}=1,15H.$

$I_0=\frac{E}{R+r}$ alors $E=I_0.(R+r).AN:E=0,1\times115=11,5V.$

**4°/** En régime permanant : $u_{Bp}$ = r. $I_0=15\times0,1$=1,5V et A t=0 : $u_{B0}$ = E – $u_R$(t=0) = E = 11,5V.

Au point d'intersection des deux courbes: $U_B = u_R = \frac{E}{2}=5,75V.$




## EXERCICE N°2 :

**1°/**

**a-** La diminution de l'amplitude d'oscillation de la tension $u_C(t)$ est dûe à la transformation d'une partie de l'énergie emmagasinée dans le circuit par effet Joule dans la résistance du circuit. Il s'agit d'un régime d'oscillation pseudopériodique.

**b-**

**b₁-** Entre $\left[0, \frac{T}{4}\right]$, $u_C(t)$ diminue de 6V jusqu'a la valeur nulle donc $\frac{du_C(t)}{dt} \prec 0$

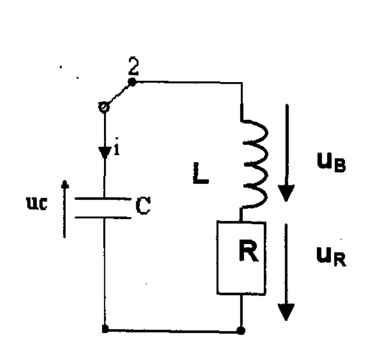
et puisque $i(t) = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C(t)}{dt}$ (C ≻ 0 )alors i(t) est négative donc le courant électrique circule dans le sens contraire du sens arbitraire choisi.

**b₂-** A $t_0$=0 la tension aux bornes du condensateur $u_C(t_0)$= 6V d'où $q(t_0)$= $u_C(t_0)$.C=$12.10^{-6}$C.

A $t_0$=0 la tension $u_C$ aux bornes du condensateur est un extrémum alors $i(t_0) = C\frac{du_C}{dt}\Big|_{t_0} = 0$

A $t_1$=$\frac{T}{4}$, $u_C(t_1)$=0V et q(t1)=0alors $i(t_1) = C\frac{du_C}{dt}\Big|_{t_1} = C.$ coefficient de la tangente à la courbe $u_C$=f(t) à $t_1$. AN : $i(t_1) = 2.10^{-6} \times \frac{(2+6)}{(5.10^{-3} - 10^{-2})} = -3,2.10^{-3} A.$

**2°/**




**a-** D'après la loi de maille $u_B(t)$ +$u_R(t)$ + $u_C(t)$ = 0 alors

$L\frac{di}{dt}$ + (R+r)i + $u_C$ = 0 or i = $\frac{dq}{dt}$ alors $LC\frac{d^2q}{dt^2} + (R+r)C\frac{dq}{dt} + q = 0$

**b-** $\xi = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}L.i^2.$

**c-** $\frac{d\xi}{dt} = \frac{q}{c}$ i + L. i. $\frac{di}{dt}$ = i.( $\frac{q}{c}$ + L. $\frac{di}{dt}$) = i.( $\frac{q}{c}$ + L. $\frac{d^2q}{dt^2}$) or d'après l'équation différentielle on a : L. $\frac{d^2q}{dt^2}$ + $\frac{q}{c}$ = - (R + r) i par suite $\frac{d\xi}{dt}$ = - (R + r) $i^2 < 0$ alors l'énergie totale $\xi$ diminue au cours du temps.

**d-** $\Delta\xi_{(t_0 \to t_1)} = \xi(t_1) - \xi(t_0) = \frac{1}{2}Li_{(t_1)}{}^2 - \frac{q_{(t_0)}2}{2C}$ . AN : $\Delta\xi_{(t_0 \to t_1)} = -3,08.10^{-5} J.$

**3°/** $R' \prec R$ car en régime pseudopériodique la diminution de la résistance augmente le nombre d'oscillation pendant la même durée.

**EXERCICE N°3 :**

**1°/** Rôle du stimulateur cardiaque : C'est un appareil électrique implanté dans l'organisme qui rétablit le rythme normal de contraction du muscle cardiaque.

Mode de fonctionnement : (Trois phrases sont suffisantes)

**-1-** Le stimulateur est actionné grâce à une pile intégrée, généralement au lithium.
**-2-** le condensateur se charge très rapidement lorsque l'interrupteur est en position 1.
**-3-** Lorsque la charge est terminée, l'interrupteur bascule en position 2 et le condensateur se décharge lentement dans la résistance R, de valeur élevée.
**-4-** Quand la tension aux bornes de R atteint une valeur donnée, le boîtier envoie au cœur une impulsion électrique par l'intermédiaire des sondes

**2°/** Le fonctionnement du stimulateur cardiaque est basé sur les propriétés physiques d'un dipôle RC car le circuit ne renferme pas une bobine.

**3°/** La valeur de r est très faible de telle sorte que le condensateur se charge très rapidement.

DURÉE : 2 H — EPREUVE -1-

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1:

En solution aqueuse les ions ferrique $Fe^{3+}$ réagissent avec les ions $SCN^-$ pour donner les ions $Fe(SCN)^{2+}$ de couleur rouge sang . Cette réaction est modélisée par l'équation :

$$Fe^{3+} + SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+}$$

On prépare à une température constante un mélange initial contenant $\mathbf{n_0=10^{-3}}$ mol de $Fe^{3+}$ et $\mathbf{n_0=10^{-3}mol}$ de $SCN^-$, le volume du mélange est **V=100mL** .

A l'équilibre chimique le mélange contient **5,4 $10^{-4}$ mol** d'ions $Fe^{3+}$.

**1°/** Déterminer la composition molaire du mélange à l'équilibre.

**2°/** Etablir l'expression de la constante d'équilibre K de la réaction en fonction de $n_0$, $x_f$ et V puis calculer sa valeur .

**3°/** Le mélange obtenu à l'équilibre est divisé en deux parties égales (A) et (B).

**a-** A la partie (A) on ajoute sans variation de volume quelques pastilles de soude NaOH (les ions $OH^-$ réagissent avec les $Fe^{3+}$).

**i** - En utilisant la loi de modération, préciser comment varie la couleur rouge sang.

**ii** - Préciser ,en justifiant, l'effet de cette perturbation sur la valeur de K.

**b-** A la partie (B) on ajoute un volume **V'=50mL** d'une solution aqueuse contenant $\mathbf{n_1=2,7.10^{-4}}$ **mol** d'ions $Fe^{3+}$. Préciser en justifiant si à l'équilibre dynamique, la couleur rouge sang devient plus intense ou moins intense.

### EXERCICEN°2

**On donne : $pK_e$ = 14 à 25°C.**

On considère les trois couples suivants :

* Couple (1) : $CH_3CO_2H$ / $CH_3CO_2^-$ de constante d'acidité $Ka_1$.
* Couple (2) : $HCO_2H$ / $HCO_2^-$ de constante d'acidité $Ka_2$.
* Couple (3) : $C_6H_5CO_2H$ / $C_6H_5CO_2^-$ de constante d'acidité $Ka_3$.

**1°/** On realise la reaction d'équation: $HCO_2H + C_6H_5CO_2^- \rightleftharpoons HCO_2^- + C_6H_5CO_2H$.

Sachant qu'un mélange équimolaire contenant n mol de $HCO_2H$ et $C_6H_5CO_2^-$ donne à l'équilibre un taux d'avancement final $\tau_f$ **= 0,64**.

**a-** Exprimer la constante d'équilibre de la réaction en fonction de $\tau_f$ , puis montrer que **K= 3,16**.

**b-** Comparer la force des deux acides utilisés.

**2°/** La réaction d'équation : $CH_3CO_2H + C_6H_5CO_2^- \rightleftharpoons CH_3CO_2^- + C_6H_5CO_2H$ possède une constante d'équilibre K' = $\frac{1}{K}$.

**a-** Classer les trois bases par ordre de force croissante.

**b-** Exprimer K' et K en fonction des constantes d'acidité des couples acide-base intervenant dans chaque réaction.

**c-** Montrer que : $\mathbf{Ka_2= 10\ Ka_1}$.

**d-** Calculer $pKa_1$, $pKa_2$ et $pKa_3$ sachant que $\mathbf{pKa_1 + pKa_2 = 8,4}$.

# PHYSIQUE :

## EXERCICE N°1:

*On réalise un circuit électrique à l'aide d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et d'un* condensateur de capacité **C=10** $\mu F$ préalablement chargé. Figure-1-.

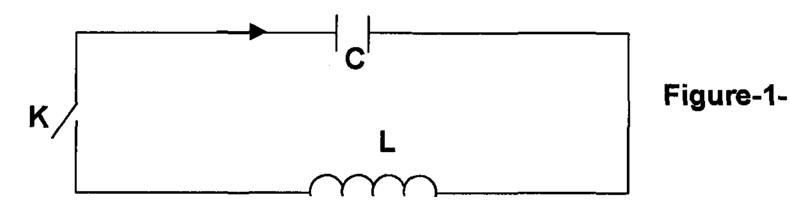


**Figure-1-**

**1°/** Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur (L, C) vérifiée par q(t) : charge du condensateur.

**2°/**

**a-** Donner l'expression de l'énergie totale E de l'oscillateur LC en fonction de $u_C$ (tension aux bornes du condensateur) et i.

**b-** Déduire que l'énergie totale de l'oscillateur est constante au cours du temps.

**3°/** La figure-2- représente l'évolution au cours du temps de uc(t) et i(t).
uc(t) : tension électrique aux bornes du condensateur et i(t) : Intensité du courant électrique traversant le circuit.

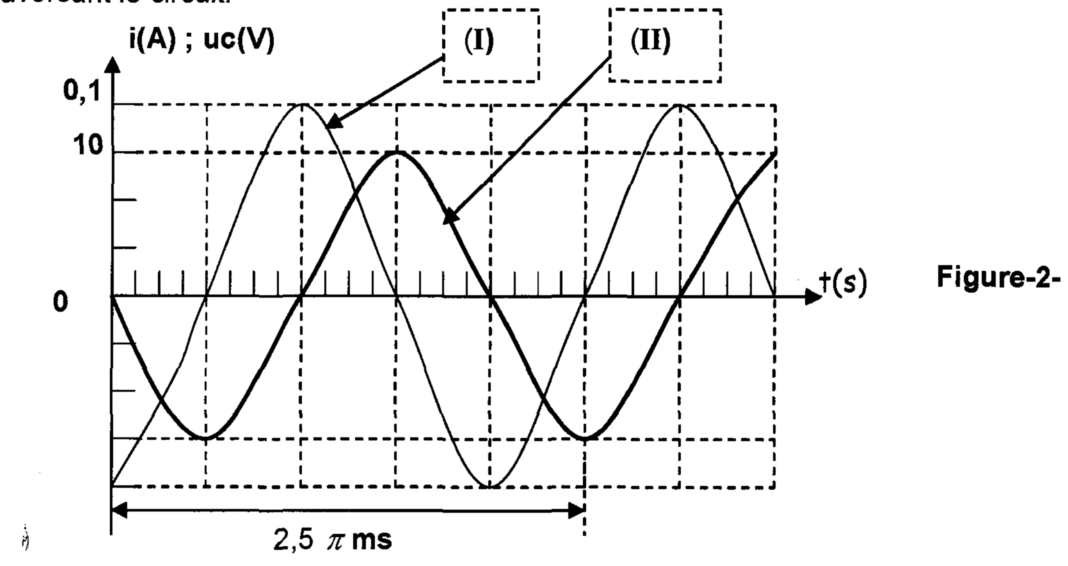


**Figure-2-**

**a-** Laquelle des deux courbes (I) et (II) celle qui représente uc(t) ? Justifier.

**b-** Déterminer l'expression de i(t) et de uc(t).

**4°/** Déterminer les dates $t \in [0 ; 2T_0]$ pour les quelles uc = $\dfrac{Uc\max}{2}$ et le courant électrique circule dans le sens négatif.

**5°/**

**a-** Montrer que l'énergie électrostatique $E_C$ emmagasinée par le condensateur et l'énergie emmagasinée par la bobine $E_L$ s'exprime respectivement par :

$$E_C = 2,5.10^{-4}\,(1-\cos(2.10^3 t))$$
$$E_L = 2,5.10^{-4}\,(1-\cos(2.10^3 t + \pi))$$

**b-** Représenter sur le même système d'axes $E_e$ et $E_L$ en fonction du temps.

## EXERCICE N°2:

**I**- On considère le circuit électrique représenté sur la figure-3-.
G: Générateur de basse fréquence maintenant entre ces bornes une tension sinusoïdale $u(t) = U_m \sin \omega t$.
D: Dipôle formé d'un condensateur de capacité **C = 5 $\mu$ F** et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r.
R: Conducteur ohmique de résistance R variable.
A: Ampèremètre de faible résistance.
A l'aide d'un oscilloscope bicourbe on visualise les tensions:
u (t) *aux bornes du générateur.*
$u_D(t)$ aux bornes du dipôle D.
On obtient l'oscillogramme de la figure-4-

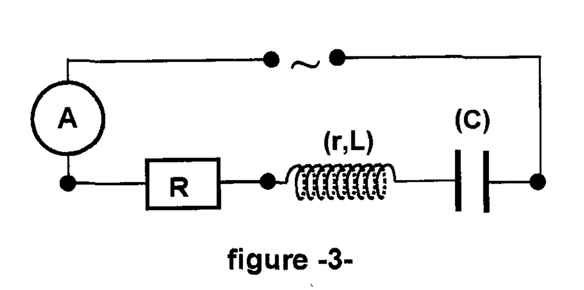



**figure -3-**

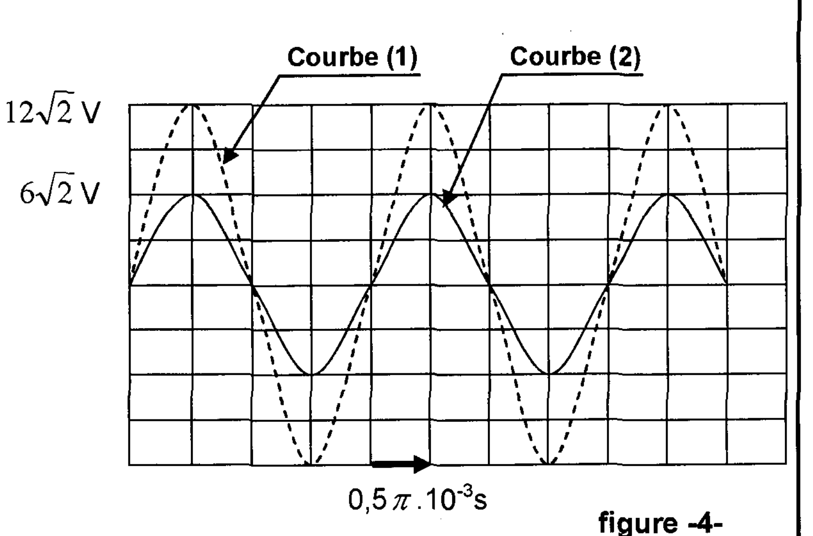



**figure -4-**

**1°/** Faire sur la figure-3- le branchement de *l'oscilloscope afin de visualiser la tension $u_D(t)$ sur* la voie (2) et la tension u(t) sur la voie (1).
**2°/** Montrer que la courbe (1) correspond à u(t).
**3°/** Sachant que l'ampèremètre indique une intensité du courant électrique la plus élevée **I = 0,3A**, Calculer :
**a-** La valeur de l'inductance L de la bobine.
**b-** La valeur de la résistance r de la bobine.
**c-** La valeur de la résistance R.
**4°/** Ya-t-il un phénomène de surtension.
**II**- On change la valeur de la résistance R du conducteur ohmique. Pour une nouvelle pulsation du générateur de basse fréquence on obtient les oscillogrammes de la figure-5- (les sensibilités verticales sont différentes).

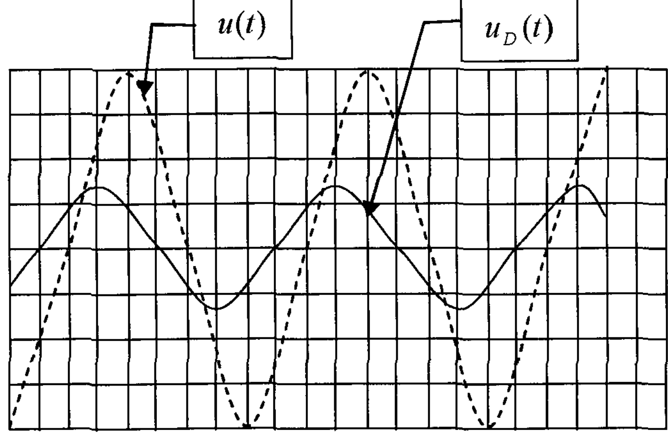



**figure -5-**

**1°/** Déterminer le déphasage $\varphi_{u_D} - \varphi_u$.

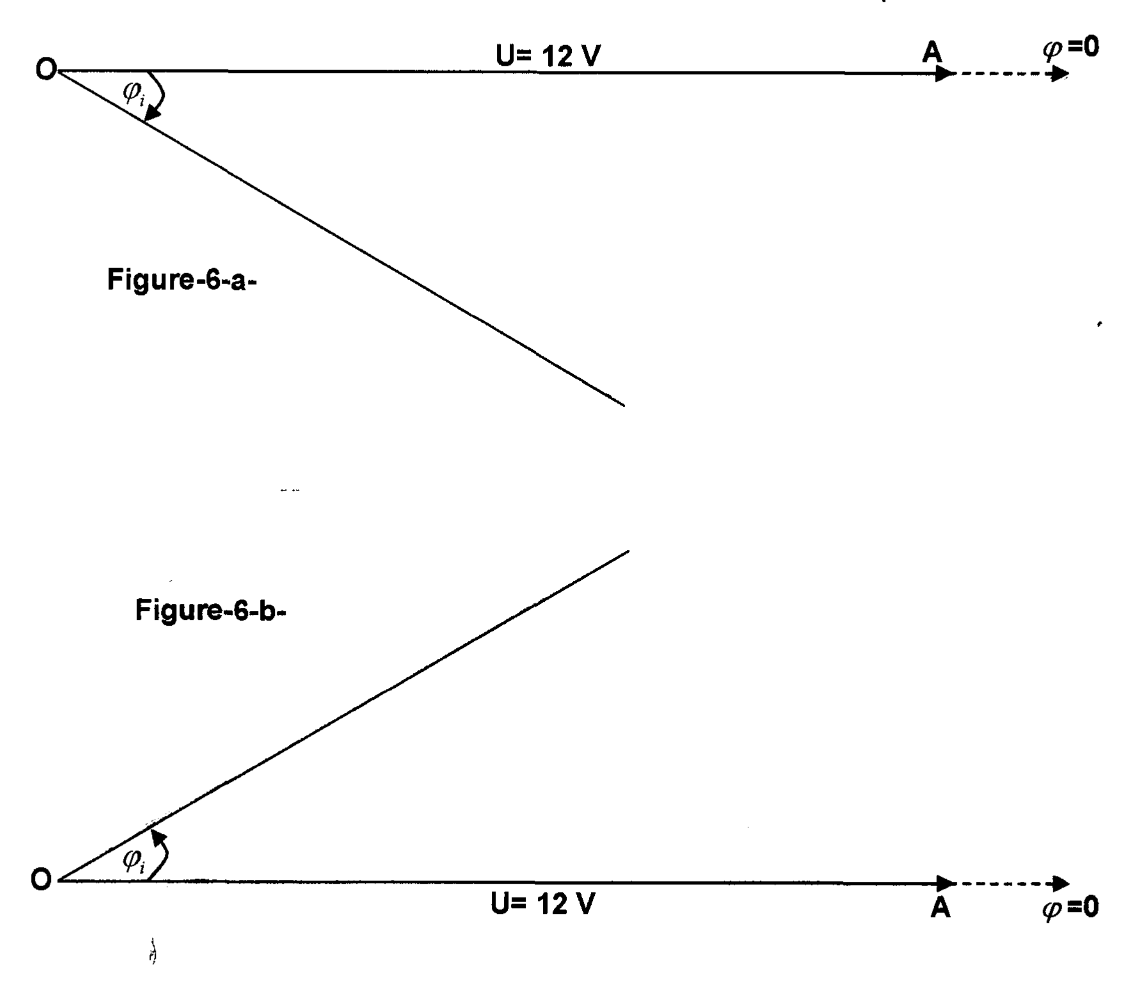
**2°/** On donne les deux constructions de Fresnel incomplètes relatives aux tensions efficaces (représentées à l'échelle) sur les figures -6a et -6b.

**a-** Représenter sur les deux figures -6a et -6b, le vecteur $\overrightarrow{BA}$ de module $U_D$(efficace) qui correspond à la tension $u_D(t)$.

**b-** Parmi les deux construction de Fresnel laquelle correspond à notre circuit. Justifier

**c-** Déduire la nature du circuit.

**3°/** À partir de la construction de Fresnel, déterminer l'indication de l'ampèremètre et la valeur de R.





CHIMIE :

**EXERCICE N°1:**

La synthèse du bromure de nitrosyle NOBr est schématisée par l'équation:

$$2\,NO_{(g)} + Br_{2(g)} \rightleftarrows 2NOBr_{(g)}$$

Dans une enceinte de volume V, on introduit **0,6mol** de monoxyde d'azote NO et **0,3mol** de dibrome $Br_2$.

**1°/** A la température $T_1$ le système aboutit à un état d'équilibre chimique tel que le nombre total de mole gazeux serait égal à **n = 0,85 mol**. Déterminer le taux d'avancement final $\tau_{f1}$, de la réaction.

**2°/** On chauffe le mélange jusqu'à la température $T_2 \succ T_1$ lorsque le nouvel état d'équilibre s'établit le nombre de mole de monoxyde d'azote NO est égale à **0,32 mol**.

**a-** Calculer la nouvelle valeur du taux d'avancement final $\tau_{f_2}$ de la réaction.

**b-** Dans quel sens a évolué le système chimique précédent pour aboutir à ce nouvel état d'équilibre.

**c-** Préciser le caractère énergétique de la réaction de dissociation de NOBr. Justifier.

**3°/** A température et volume constant, quel est, en le justifiant, l'effet d'une augmentation de la pression sur :

- La quantité de NOBr?
- La constante d'équilibre de la réaction?

**EXERCICE N°2** **On donne $pK_e$ = 14 à 25°C et on néglige les quantités de matières des ions provenant de l'ionisation propre de l'eau.**

**A-** On considère à **25°C** deux solutions aqueuses ($S_1$) et ($S_2$) de même concentration molaire C.

* ($S_1$) est une solution d'une mono base $B_1$ de $pH_1$.
* ($S_2$) est une solution d'une mono base $B_2$ de $pH_2 \succ pH_1$.

**1°/** Montrer que le taux d'avancement final de la réaction d'une mono base B avec l'eau est exprimé par : $\tau_f = \dfrac{10^{pH-pKe}}{C}$.

**2°/** Comparer les taux d'avancement final des réactions de ces deux bases avec l'eau.

**3°/**

**a-** Comparer, en justifiant, les constantes de basicité de ces deux bases.

**b-** Déduire une comparaison entre les forces des acides conjugués de $B_1$ et $B_2$.

**B-** On donne les couples suivants :

* $A_1$ / $C_2H_5NH_2$ : **$pKb_1$ = 3,2**.
* $NH_4^+$ / $B_2$ : **$pKa_2$ = 9,2**.

On considère la réaction suivante de constante d'équilibre K :

$$B_2 + A_1 \rightleftarrows NH_4^+ + C_2H_5NH_2.$$

**1°/** Identifier les entités chimiques $A_1$ et $B_2$.

**2°/**

**a-** Etablir l'expression de la constante d'équilibre K en fonction de $Kb_1$ et $Kb_2$. La calculer.

**b-** Déduire à partir de la valeur de K une comparaison des forces des acides de ces deux couples.

**3°/** On réalise un mélange contenant : **0,01 mol** de $B_2$ ; **0,01 mol** de $A_1$ ; **0,015 mol** de $NH_4^+$ et **0,015 mol** de $C_2H_5NH_2$.

**a-** Prévoir la réaction possible spontanément.

**b-** Déduire la composition molaire du mélange à l'équilibre.

**4°/** Une fois l'équilibre est atteint, on ajoute au mélange simultanément **$10^{-3}$ mol** de $NH_4^+$ et **0,02 mol** de $B_2$.

Déterminer la quantité de matière de $NH_4^+$ lorsque l'équilibre est atteint de nouveau.

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

Un condensateur de capacité **$C=2,5.10^{-5}F$**, est chargé avec une tension **$u_{BA}=u_C=E$**.
Il est branché en série avec une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.
On ferme l'interrupteur K à l'instant de date **t=0**. Figure -1-.

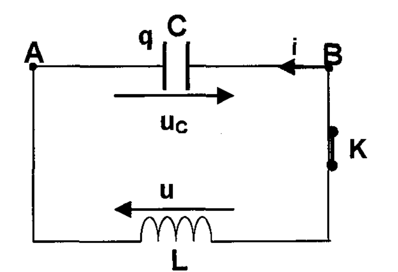



**Figure -1-**

**1°/** Etablir l'équation différentielle régissant les variations de la tension u(t) aux bornes de la bobine.

**2°/** Sur l'écran de l'oscilloscope on visualise la tension u(t) représentée sur la figure -2-.

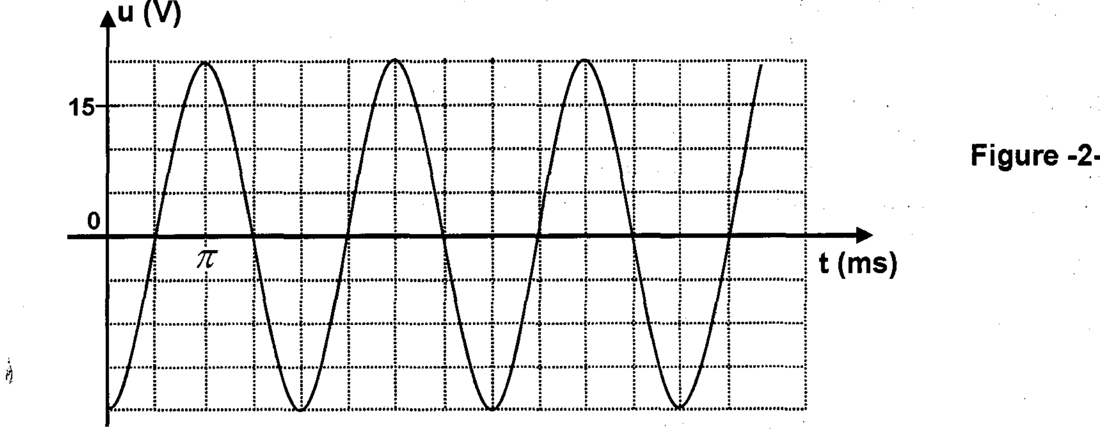



**Figure -2-**

**a-** Déterminer graphiquement l'expression de u(t).

**b-** Déduire les expressions de $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant i(t).

**c-** Déduire les valeurs de E et L.

**3°/**

**a-** Représenter les courbes $u_C(t)$ et i(t) sur le même graphique.

**b-** A quelle date $t_1$ a-t-on **$u_C$ =10V** pour la $2^{ème}$ fois pendant la décharge du condensateur.

**4°/**

**a-** Montrer que l'énergie emmagasinée dans le circuit se conserve. Calculer sa valeur.

**b-** Pour quelles valeurs de $u_C$, a-t-on la moitié de cette énergie est emmagasinée dans le condensateur

## EXERCICE N°2 :

On considère le circuit électrique représenté sur la figure-4-.

* G: Générateur de basse fréquence maintenant entre ces bornes une tension sinusoïdale $u(t) = U\sqrt{2}\sin(\omega t)$, avec u en volt et t en seconde de valeur efficace U supposée constante et de pulsation $\omega$ réglable.
* Un condensateur de capacité variable.
* Une bobine d'inductance L et de résistance interne **r = 10 Ω.**
* Conducteur ohmique de résistance R.
* Ampèremètre A de faible résistance.

**1°/** Pour une pulsation $\omega_1$ de $\omega$, l'ampèremètre indique **0,2 A**.

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe on visualise les tensions u (t) aux bornes du générateur et $u_C(t)$ aux bornes du condensateur ( les sensibilités verticales sont différentes).
On obtient l'oscillogramme de la figure-5-.

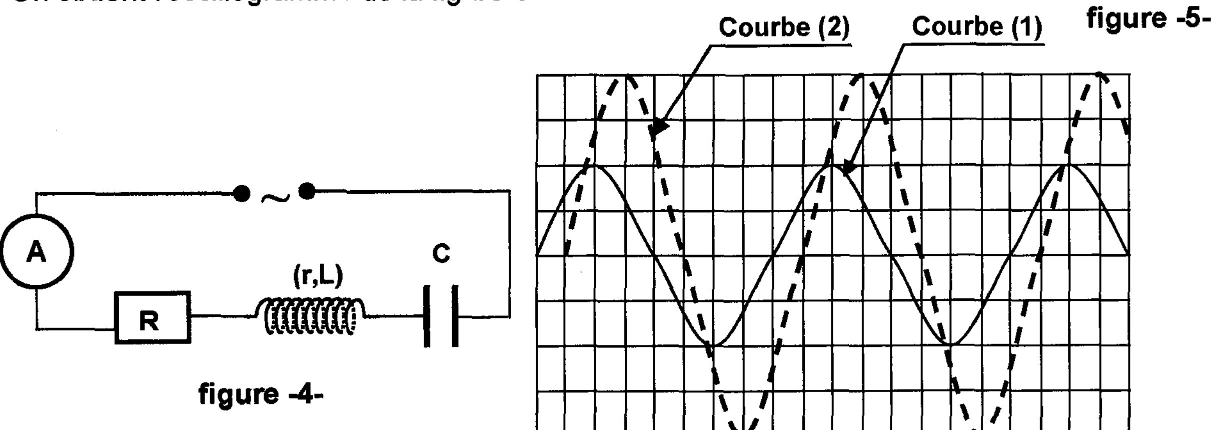



figure -4-

figure -5-

**a-** Faire sur la figure-4- le branchement de l'oscilloscope afin de visualiser la tension $u_C(t)$ sur la voie (x) et la tension u(t) sur la voie (y).

**b-** Montrer que la courbe (1) correspond à u(t).

**c-** Déterminer le déphasage $\varphi_u - \varphi_{u_C}$ entre les tensions u(t) et $u_C(t)$.

**d-** En déduire le caractère du circuit.

**2°/** Pour la pulsation $\omega_1$ de $\omega$ tel que $\omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{3}}$ et sachant que l'équation différentielle relative à l'intensité de courant électrique i dans le circuit est : $L\frac{di(t)}{dt} + (R+r)\,i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt = u(t)$.

**a-** Compléter le diagramme de Fresnel relatif aux tensions maximales à l'échelle **1cm ⟶ $2\sqrt{2}$ V.** Figure-6-.

**b-** En déduire la valeur de R et de $U_m$.

**c-** Sachant que l'énergie consommée par l'oscillateur pendant une période $T_1$ est $\mathbf{E_0 = 3.10^{-2}J}$. Déterminer $\omega_1$, L et C.

**3°/** On prendra dans la suite **R= 30 Ω, L=0,06 H, C= 5.10⁻⁵ F** et **r= 10 Ω**.

Pour une valeur $\omega_2$ de $\omega$, on visualise les tensions u(t) et $u_C(t)$. Figure-7-.

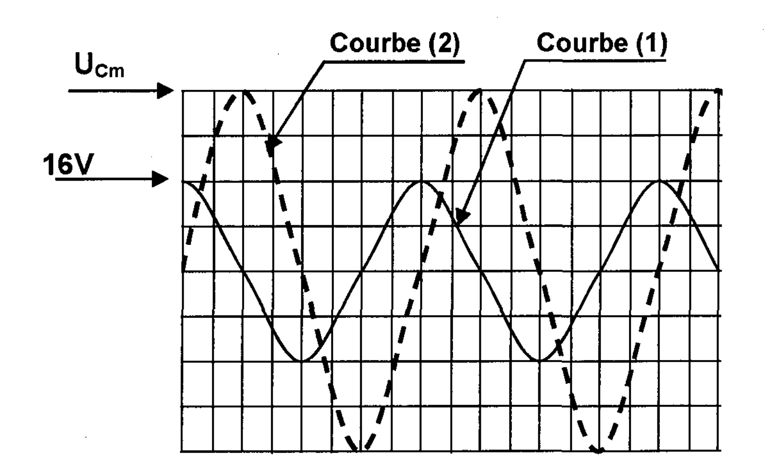



**figure -7-**

**a-** Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité.

**b-** Déterminer l'expression de l'intensité du courant i(t).

**c-** Montrer dans ces conditions que l'énergie électromagnétique se conserve.

En déduire qu'elle peut s'écrire sous forme : E = $\dfrac{U_m^{\,2}.L}{2(R+r)^2}$.

**d-** Calculer E.

**Echelle : 1cm ⟶ $2\sqrt{2}$ V**

**figure -6-**

$U_{Cmax}$

DUREE : 2 H — EPREUVE -3-

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

Dans un récipient préalablement vide de volume V, on mélange **4 mol** de dioxyde d'azote $NO_2$(gaz) à la température $T_1$ tout en maintenant la pression constante.
On considère l'équilibre chimique modélisée par l'équation suivante: $2\ NO_{2(gaz)} \rightleftarrows 2\ NO_{(gaz)} + O_{2(gaz)}$.

Lorsque l'équilibre est établi, le nombre de mole total de gaz dans le récipient est **$n_t$ = 4 ,1mol**.

**1°/a-** Dresser le tableau descriptif d'évolution du système.

**b-** Déterminer la valeur du taux d'avancement final de la réaction à la température $T_1$.

**2°/** L'équilibre précédent étant atteint, on augmente la température, à pression constante. Soit $T_2$ la nouvelle température. Lorsque l'équilibre est établi de nouveau, la quantité de matière de NO est égale à **1,76mol**.
Déterminer, en le justifiant, le caractère énergétique de la réaction de dissociation de $NO_2$.

**3°/** La température étant maintenue constante et égale à $T_1$.
Préciser, en le justifiant, si on doit augmenter ou diminuer la pression du système fermé, initialement en équilibre chimique, pour le déplacer dans le sens inverse.

**4°/** On maintient la température du système en équilibre chimique constante est égale à $T_1$ et on introduit à volume constant une quantité de $O_2$. Quel est l'effet de cette perturbation sur l'équilibre et sur la constante d'équilibre.

### EXERCICE N°2 :

**On donne : $pK_e = 14$**

**A/**

**1°/** On considère les couples acide-base suivants :

$C_1$ : $CH_3NH_3^+ / B_1$ **de $pKb_1 = 3,2$** ; $C_2 : A_2 / CH_3COO^-$ de **$pKa_2 = 4,8$**

**a-** Identifier les entités chimiques $B_1$ et $A_2$.

**b-** Classer ces couples par ordre de force croissante des formes basiques.

**2°/** On considère la réaction entre les formes fortes des couples $C_1$ et $C_2$.

**a-** Ecrire l'équation de la réaction.

**b-** Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction en fonction des concentrations.

**c-** Etablir la relation entre K, $K_{b1}$ et $K_{b2}$. Calculer K.

**3°/** Partant d'un mélange initial et renfermant **0,1 mol** de $CH_3COO^-$ ; **0 ,2 mol** de $B_1$; **0,25 mol** de $CH_3NH_3^+$ et **0,3 mol** de $A_2$.

**a-** Dans quel sens évolue le système spontanément? Justifier.

**b-** Déduire la composition finale du mélange.

**B/**

**1°/**

**a-** Montrer que le taux d'avancement final, $\tau_f$, de la réaction qui modélise l'ionisation d'une base B dans l'eau d'une solution de concentration molaire **$C_B$=0,02 mol.L$^{-1}$**, de volume $V_B$ et de **pH = 11,2** est exprimé par : $\tau_f = \dfrac{10^{pH-pKe}}{C_B}$.Calculer sa valeur.

**b-** La base B est-elle forte ou faible? Justifier.

**2° /** Calculer la constante d'équilibre, K, de l'ionisation de la base B dans l'eau.

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

Figure -1-

Les armatures d'un condensateur de capacité C, initialement chargé sous une tension électrique constante E, sont reliées à une bobine non résistif d'inductance L.

A l'instant de date $t_0$ pris comme origine des dates, on ferme l'interrupteur K, la tension électrique aux bornes du condensateur et $u_c$=E.
Un dispositif informatisé, non reperésenté, est lié au circuit et permet de représenter les courbes en dessous.

Figure -2- : Courbe d'évolution de l'intensité du courant électrique i(t) qui circule dans le circuit.
Figure -3- : Courbe -a- et courbe -b- ; L'une représente l'évolution de l'enérgie totale $\xi(t)$ emmagasinée dans le circuit et l'autre représente soit l'évolution de l'enérgie électrique $\xi_m(t)$ emmagasinée dans la bobine soit l'énergie $\xi_e(t)$ emmagasinée dans la le condensateur.

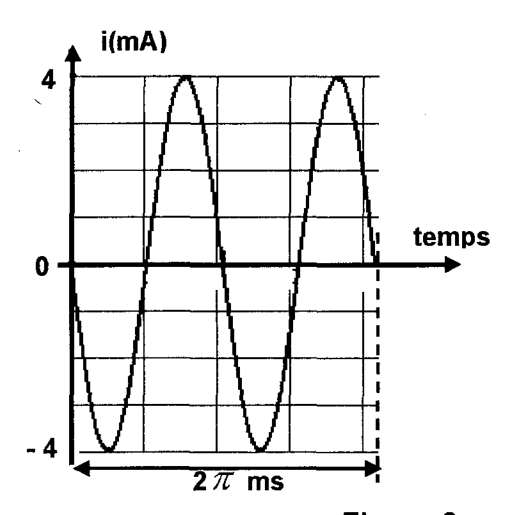



Figure-2-

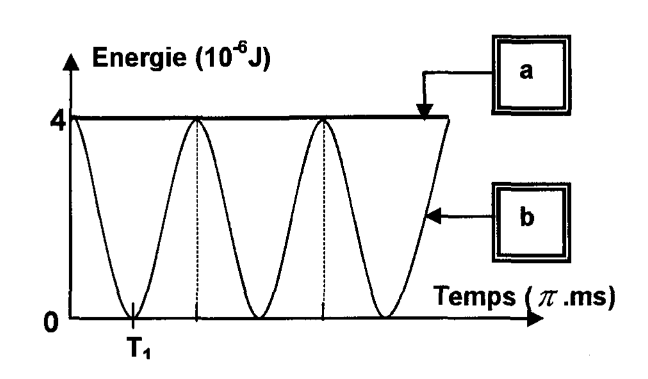



Figure-3-

**1°/**

**a-** Exprimer l'énergie électrique $\xi$ emmagasinée dans le circuit en fonction de q, i et des caractéristiques du circuit.

**b-** Dire, en le justifiant et sans faire de calcul, laquelle des deux courbes (a) et (b) de la Figure -3- qui représente $\xi(t)$.

**c-** Déduire l'équation différentielle vérifiée par la charge q.

**2°/**

**a-** Déterminer l'équation i(t) de la grandeur représentée par la Figure-2-.

**b-** En déduire l'expression de la charge q (t).

**3°/** En se basant sur les figures 2 et 3, déterminer la capacité C du condensateur, l'inductance L de la bobine et la tension E.

**4°/**

**a-** L'une des courbes (a) et (b) représente l'énergie $\xi(t)$. La quelle des énergies $\xi_m(t)$ ou $\xi_e(t)$ est représentée par l'autre courbe? Justifier.

**b-** Représenter sur la figure-3- la courbe correspondante à l'énergie manquante en précisant la valeur de $T_1$.

## EXERCICE N°2 :

*Le circuit électrique de la figure -4- comporte les éléments suivants :*

* Un générateur basses fréquences (G.B.F) délivrant une tension sinusoïdale u(t)= Um sin (wt) avec $U_m$ est constante et w réglable.
* Un condensateur de capacité **C= 2,9 µF**.
* Un résistor de résistance R **.**
* Une bobine d'inductance L et de résistance propre négligeable.
* Un voltmètre de très grande résistance branché aux bornes du dipôle (bobine, condensateur).

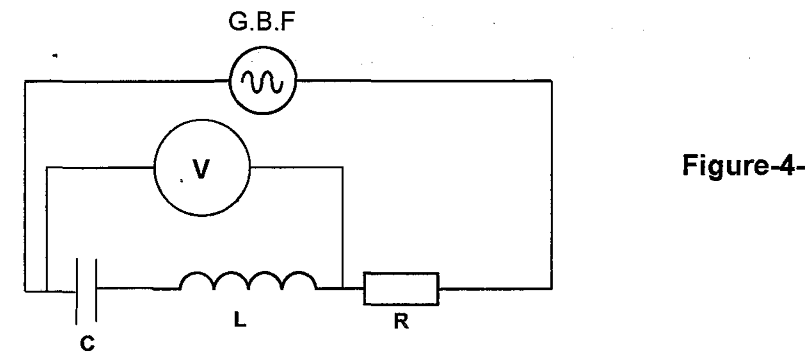



**Figure-4-**

**I-/** Pour une pulsation **$w = w_1 = 2.10^3$ rad.$s^{-1}$**, *un oscilloscope bi-courbe convenablement branché,* permet de visualiser la tension u(t) sur la voie $Y_1$ et une tension $u_D(t)$ sur la voie $Y_2$ ($u_D(t)$ peut être soit $u_R(t)$ soit $u_C(t)$). Figure - 5-

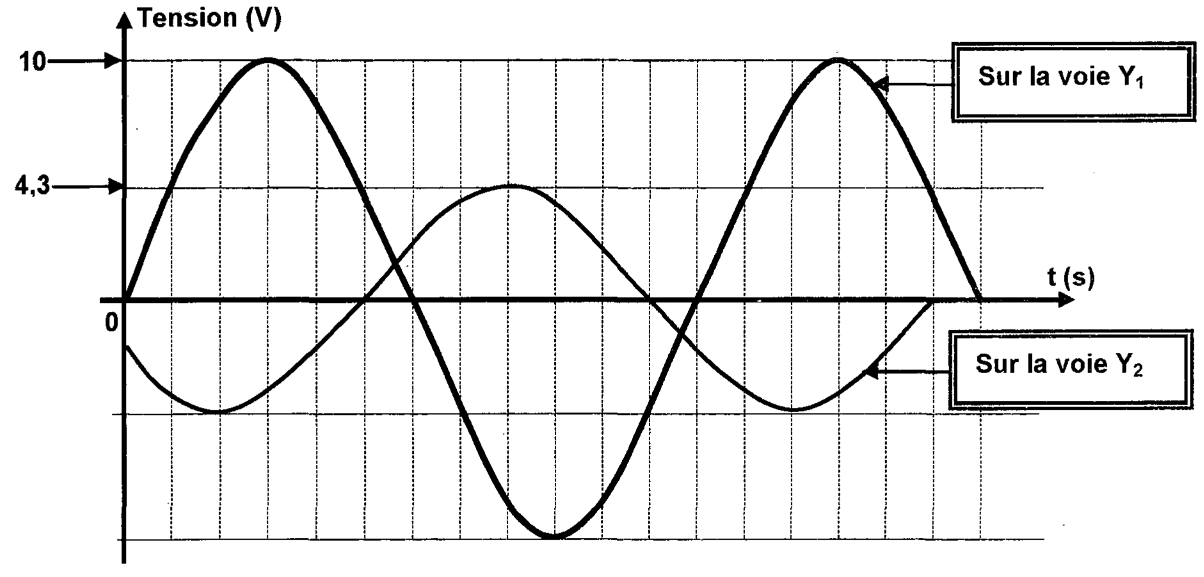



**Figure - 5-**

**1°/** Déterminer le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_D}$.

**2°/**

**a-** Montrer que la tension électrique $u_D(t)$ ne peut pas être la tension électrique $u_R(t)$ aux bornes du résistor. Reproduire sur la figure -4- les branchements du circuit avec l'oscilloscope.

**b-** Déduire le déphasage $\Delta\varphi' = \varphi_u - \varphi_i$ et montrer que le circuit étudié est inductif.

**c-** Compléter, sur, la figure-6- la construction de Fresnel relative aux tensions maximales à l'échelle de : **1V est représenté par 1cm**.

**d-** Déduire l'inductance L de la bobine et la résistance R du résistor.

**II-/** On modifie la pulsation w du G.B.F. Pour une pulsation $w = w_2$ le voltmètre indique une tension nulle. On prendra dans cette partie **L = 0,25H** et **R=200Ω**.

**1°/** Montrer que l'oscillateur est en état de résonance d'intensité.

**2°/**

**a-** Quelle particularité présente les deux courbes de la figure -5-? Expliquer.

**b-** Déterminer dans ce cas la tension aux bornes du condensateur, $u_c$, en fonction du temps.

**3°/**

**a-** Définir puis calculer le coefficient Q de surtension.

**b-** Préciser s'il y a surtension ou non aux bornes du condensateur.

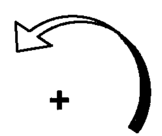



**Figure-6-**

O

$\varphi = 0$

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

1°/ $Fe^{3+} + SCN^- \rightleftarrows Fe(SCN)^{2+}$ **Réaction (1).**

| | $Fe^{3+}$ | $SCN^-$ | $Fe(SCN)^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|
| t=0s | $10^{-3}$ | $10^{-3}$ | 0 | mol. |
| $t=t_f$ | $10^{-3}- x_f$ | $10^{-3}- x_f$ | $x_f$ | mol. |

$n(Fe^{3+})_f=10^{-3}- x_f = 5,4.10^{-4}$mol alors $x_f = 4,6.10^{-4}$ mol.

$n(SCN^-)_f=10^{-3}- x_f = 5,4.10^{-4}$mol et $n(Fe(SCN)^{2+})_f = x_f = 4,6.10^{-4}$mol.

2°/ $K= \dfrac{[Fe(SCN)^{2+}]_{éq}}{[Fe^{3+}]_{éq}[SCN^-]_{éq}} = \dfrac{nFe(SCN)^{2+}{}_{éq} \times V}{nFe^+{}_{éq}nSCN^-{}_{éq}} = \dfrac{xf \times V}{(n_0 - xf)^2}$ .AN : $K= \dfrac{4,6.10^{-4} \times 0,1}{(10^{-3} - 4,6.10^{-4})^2}$ = 157,75.

3°/ a-

i- Les ions $OH^-$ réagissent avec $Fe^{3+}$ selon l'équation $Fe^{3+} + 3OH^- \rightleftarrows Fe(OH)_3$ d'où $[Fe^{3+}]$ diminue dans le mélange par suite l'équilibre évolue dans le sens inverse de de la réaction (1) et la couleur rouge sang devient moins foncée , car d'après la loi de modération un système est en état d'équilibre à volume constante, une diminution de la concentration de $Fe^{3+}$ favorise l'évolution du système dans le sens de la réaction qui tend à augmenter la concentration de $Fe^{3+}$ (c'est le sens inverse).

ii- L'évolution de l'équilibre dans le sens inverse ne varie pas la valeur de K, car elle ne dépend que de la température.

b-

| | $Fe^{3+}$ + | $SCN^-$ | $\rightleftarrows Fe(SCN)^{2+}$ | |
|---|---|---|---|---|
| tf | $\dfrac{5,4.10^{-4}}{2}$ | $\dfrac{5,4.10^{-4}}{2}$ | $\dfrac{4,6.10^{-4}}{2}$ | mol. |
| t | $(2,7.10^{-4}+2,7.10^{-4})$ | $2,7.10^{-4}$ | $2,3.10^{-4}$ | mol. |

$\pi = \dfrac{nFe(SCN)^{2+}{}_{éq} \times V}{nFe^+{}_{éq}nSCN^-{}_{éq}}$ .AN : $\pi = \dfrac{2,3.10^{-4} \times 0,1}{5,4.10^{-4} \times 2,7.10^{-4}}$ = 157,75 = K. C'est l'état d'équilibre d'où la couleur rouge sang conserve la même couleur.

### EXERCICE N°2 :

1°/

a- $HCO_2H + C_6H_5CO_2^- \rightleftarrows HCO_2^- + C_6H_5CO_2H$.

| | $HCO_2H$ | $C_6H_5CO_2^-$ | $HCO_2^-$ | $C_6H_5CO_2H$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | n | n | 0 | 0 | mol |
| A $t_f$ | n- $x_f$ | n- $x_f$ | $x_f$ | $x_f$ | mol |

$K= \dfrac{[HCO_2^-]_{éq}[C_6H_5CO_2H]_{éq}}{[HCO_2H]_{éq}[C_6H_5CO_2^-]_{éq}} = \dfrac{nHCO_2^-{}_{éq} \times nC_6H_5CO_2H_{éq}}{nHCO_2H_{éq}nC_6H_5CO_2^-{}_{éq}} = \dfrac{xf^2}{(n-xf)^2}$ or $\tau_f = \dfrac{xf}{xm} = \dfrac{xf}{n}$ alors

$xf = n\tau_f$ $K= \dfrac{n^2\tau_f^2}{(n-n\tau_f)^2} = \dfrac{n^2\tau_f^2}{n^2(1-\tau_f)^2} = \dfrac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2}$ .AN :$K= \dfrac{0,64^2}{(1-0,64)^2}$ = 3,16.

**b-** K > 1 alors la réaction est plus déplacée dans le sens direct d'où l'acide $HCO_2H$ libère plus facilement l'ion $H^+$ que $C_6H_5CO_2H$ par suite l'acide $HCO_2H$ est plus fort que $C_6H_5CO_2H$.

**2°/**

**a-** * K' < 1 alors la réaction est plus déplacée dans le sens inverse d'où la base $CH_3CO_2^-$ capte plus facilement l'ion $H^+$ que $C_6H_5CO_2^-$ par suite $CH_3CO_2^-$ est plus forte que $C_6H_5CO_2^-$.

* On a la base $C_6H_5CO_2^-$ est plus forte que $HCO_2^-$.

$HCO_2^-$ —— $C_6H_5CO_2^-$ —— $CH_3CO_2^-$ ⟶ Ordre de force de base croissante

**b-** $K_{a1} = \dfrac{[CH_3CO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}}$ ; $K_{a2} = \dfrac{[HCO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[HCO_2H]_{éq}}$ et $K_{a3} = \dfrac{[C_6H_5CO_2^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[C_6H_5CO_2H]_{éq}}$.

$K = \dfrac{[HCO_2^-]_{éq}[C_6H_5CO_2H]_{éq}}{[HCO_2H]_{éq}[C_6H_5CO_2^-]_{éq}} = \dfrac{K_{a2}}{K_{a3}}$ et $K' = \dfrac{[CH_3CO_2^-]_{éq}[C_6H_5CO_2H]_{éq}}{[CH_3CO_2H]_{éq}[C_6H_5CO_2^-]_{éq}} = \dfrac{K_{a1}}{K_{a3}}$.

**c-** K= 3,16 et $K' = \dfrac{1}{K} = \dfrac{1}{3{,}16} = 0{,}316$ alors K= 10 K' alors $\dfrac{K_{a2}}{K_{a3}} = 10\,\dfrac{K_{a1}}{K_{a3}}$ d'où $K_{a2} = 10\,K_{a1}$.

**d-** * $pK_{a1} + pK_{a2} = 8{,}4$ et $K_{a2} = 10\,K_{a1}$ alors $pK_{a1} - \log 10\,K_{a1} = 8{,}4$ alors $2\,pK_{a1} - 1 = 8{,}4$ d'où $pK_{a1} = 4{,}7$.

* $pK_{a1} + pK_{a2} = 8{,}4$ alors $pK_{a2} = 8{,}4 - pK_{a1} = 8{,}4 - 4{,}7 = 3{,}7$.

* $K = \dfrac{K_{a2}}{K_{a3}}$ alors $K_{a3} = \dfrac{K_{a2}}{K}$ alors $pK_{a3} = -\log K_{a2} + \log K = pK_{a2} + \log K = 3{,}7 + \log 3{,}16 = 4{,}2$.

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

$u_C$ — C — L — $u_L$

**1°/** D'après la loi de maille $u_L(t) + u_C(t) = 0$ alors $L\dfrac{di}{dt} + u_C = 0$ or $i = \dfrac{dq}{dt}$

d'où $(LC\dfrac{d^2q}{dt^2} + q = 0) \times \dfrac{1}{LC}$ alors $\dfrac{d^2q}{dt^2} + \dfrac{1}{LC}q = 0$.

**2°/**

**a-** $\xi = \dfrac{1}{2}C\,u_C^2 + \dfrac{1}{2}L.\,i^2$.

**b-** $\xi = \dfrac{1}{2}C\,u_C^2 + \dfrac{1}{2}L.\,i^2$ alors $\dfrac{d\xi}{dt} = C\,u_C\dfrac{du_c}{dt} + L.\,i.\,\dfrac{di}{dt} = u_C\,i + L.\,i.\,\dfrac{di}{dt} = i.(u_C + L.\,\dfrac{di}{dt}) = 0$, car

d'après l'équation différentielle $L.\,\dfrac{d^2q}{dt^2} + \dfrac{q}{c} = 0$ par suite $\dfrac{d\xi}{dt} = 0$ donc le circuit LC est conservatif.

**3°/**

**a-** $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_{uc} = (\varphi_q + \dfrac{\pi}{2}) - \varphi_q = \dfrac{\pi}{2}$ alors i(t) est en quadrature avance de phase par rapport à $u_C(t)$ d'où la courbe (II) correspond à $u_C(t)$.

**b-** * $i(t) = I_m.\sin(\omega_0.t+\varphi_i)$, à t=0 : $i = I_m.\sin\varphi_i = -I_m$ alors $\sin\varphi_i = -1$ d'où $\varphi_i = -\frac{\pi}{2}$ rad et $w_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ or

$T_0 = \frac{2{,}5\pi.10^{-3}}{5} \times 4 = 2\pi.10^{-3}$s alors $w_0 = \frac{2\pi}{2\pi.10^{-3}} = 10^3$ rad.s$^{-1}$ d'où $i(t) = 0{,}1.\sin(10^3 t - \frac{\pi}{2})$ (A), t(s).

* $u_C(t) = U_{Cm}\sin(\omega_0.t+\varphi_{u_C})$ et à t=0 : $u_C = U_{Cm}\sin\varphi_{u_C} = 0$ alors $\sin\varphi_{u_C} = 0$ d'où $\varphi_{u_C} = 0$ ou $\varphi_{u_C} = \pi$

or à t=0, la courbe de $u_C(t)$ est décroissante alors $\frac{du_C}{dt} < 0$ alors $\cos\varphi_{u_C} < 0$ d'où $\varphi_{u_C} = \pi$ rad.

$u_C(t) = 10.\sin(10^3 t + \pi)$ t en s et $u_C$ en V.

**4°/** $u_C(t) = U_{Cm}\sin(\omega_0.t+\varphi_{u_C}) = \frac{U_{C_m}}{2}$ alors $\sin(\omega_0.t+\varphi_{u_C}) = \frac{1}{2}$ alors $\omega_0.t+\varphi_{u_C} = \frac{\pi}{6} + 2K\pi$ et

$\omega_0.t+\varphi_{u_C} = \frac{5\pi}{6} + 2K\pi$, avec $K \in \mathbb{Z}$ or le courant électrique circule dans le sens négatif alors

$i = C\frac{du_C}{dt} < 0$ alors $\cos(\omega_0.t+\varphi_{u_C}) < 0$ d'où $\frac{2\pi}{T_0}.t + \pi = \frac{5\pi}{6} + 2K\pi$ alors $\frac{2}{T_0}.t + 1 = \frac{5}{6} + 2K$ alors

$\frac{2}{T_0}.t = -\frac{1}{6} + 2K$ d'où $t = (-\frac{1}{6} + 2K)\frac{T_0}{2}$ or $0 \le t \le 2T_0$ alors $0 \le (-\frac{1}{6} + 2K)\frac{T_0}{2} \le 2T_0$ en fin

$0{,}083 \le K \le 2{,}08$ d'où $K \in \{1,2\}$.

* $t_1 = (-\frac{1}{6} + 2 \times 1)\frac{T_0}{2}$ .AN : $t_1 = (-\frac{1}{6} + 2 \times 1)\frac{2\pi.10^{-3}}{2} = 1{,}832\,\pi.10^{-3}$s.

* $t_2 = (-\frac{1}{6} + 2 \times 2)\frac{T_0}{2}$ .AN : $t_1 = (-\frac{1}{6} + 2 \times 2)\frac{2\pi.10^{-3}}{2} = 3{,}832\,\pi.10^{-3}$s.

**5°/**

**a-** * $\xi_C = \frac{1}{2}C u_C^2 = \frac{1}{2}C U^2_{Cm}\sin^2(\omega_0.t+\varphi_{u_C}) = \frac{1}{2}C U^2_{Cm}\frac{(1-\cos(2 w_0.t+2\varphi_{uC}))}{2}$ alors

$\xi_C = \frac{1}{4}C U^2_{Cm}(1-\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_{u_C}))$ .AN : $\xi_C = \frac{1}{4}10.10^{-6} \times 10^2 (1-\cos(2.10^3 t + 2\times\pi))$

d'où $\xi_C = 2{,}5.10^{-4}(1-\cos(2.10^3 t))$.

* $\xi_L = \frac{1}{2}L.i^2 = \frac{1}{2}L I^2_m \sin^2(\omega_0.t+\varphi_i) = \frac{1}{2}L I^2_m \frac{(1-\cos(2 w_0.t+2\varphi_i))}{2}$ or

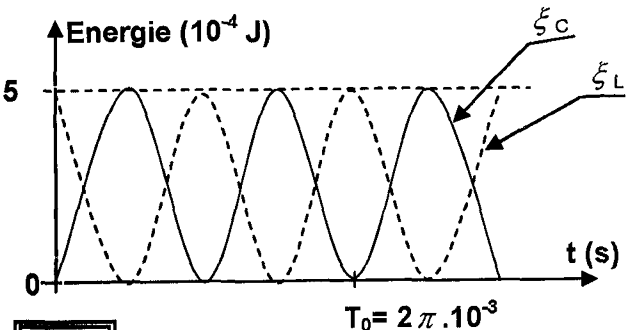
$\xi_{Lmax} = \frac{1}{2}L I^2_m = \frac{1}{2}C U^2_{Cm} = E_{Cmax}$

$\xi_L = \frac{1}{4}C U^2_{Cm}(1-\cos(2\omega_0 t + 2\varphi_i))$ .AN : $\xi_C = 2{,}5.10^{-4}(1-\cos(2.10^3 t + 2\times -\frac{\pi}{2}))$ d'où

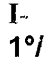
$\xi_L = 2{,}5.10^{-4}(1-\cos(2.10^3 t + \pi))$.

**b-** * A t= 0, on a $\xi_C = 0$ et $\xi_L = \xi_{Lmax} = \xi = 5.10^{-4}$J.

* A $t = \frac{T_0}{4}$, on a $\xi_C = \xi_{Cmax} = \xi = 5.10^{-4}$J et $\xi_L = 0$.

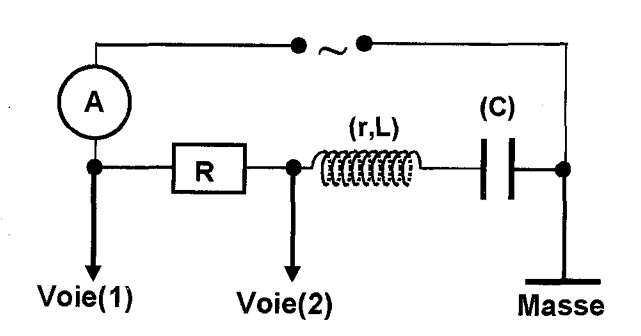


## EXERCICE N°2 :



I-

1°/




**2°/** On a $U_m = Z\,I_m$, avec $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (\frac{1}{cw} - Lw)^2}$ et $U_{Dm} = Z_D\,I_m$, avec $Z_D = \sqrt{r^2 + (\frac{1}{Cw} - Lw)^2}$

or R+r > r alors $(R+r)^2 > r^2$ alors $\sqrt{(R+r)^2 + (\frac{1}{cw} - Lw)^2} > \sqrt{r^2 + (\frac{1}{Cw} - Lw)^2}$ d'où $Z > Z_D$ par suite $U_m > U_{Dm}$. Or $U_{courbe\,(1)\,m} > U_{courbe\,(2)\,m}$ alors la courbe (1) correspond à la tension u(t).

**3°/** I= 0,3A est la plus élevée alors le circuit est en état de résonance d'intensité.

**a-** $T_0 = 0{,}5\pi.10^{-3} \times 4 = 2\pi.10^{-3}$ or $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ alors $T_0^2 = 4\pi^2 LC$ alors

$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C}$ .AN : $L = \frac{(2\pi.10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 5.10^{-6}}$ =0,2H.

**b-** $U_D = Z_D\,I = r\,I$ alors $r = \frac{U_D}{I}$ .AN: $r = \frac{6}{0{,}3} = 20\Omega$.

**c-** $I = \frac{U}{R+r}$ alors $R+r = \frac{U}{I}$ d'où $R = \frac{U}{I} - r$ .AN: $R = \frac{12}{0{,}3} - 20 = 20\Omega$.

**4°/** $U_C = Z_C\,I = \frac{I}{Cw_0} = \frac{I \times T_0}{C \times 2\pi}$ .AN: $U_C = \frac{0{,}3 \times 2\pi.10^{-3}}{5.10^{-6} \times 2\pi}$ =60 V et U= 12 V alors $U_C > U$ par suite il y a un phénomène de surtension.

II-

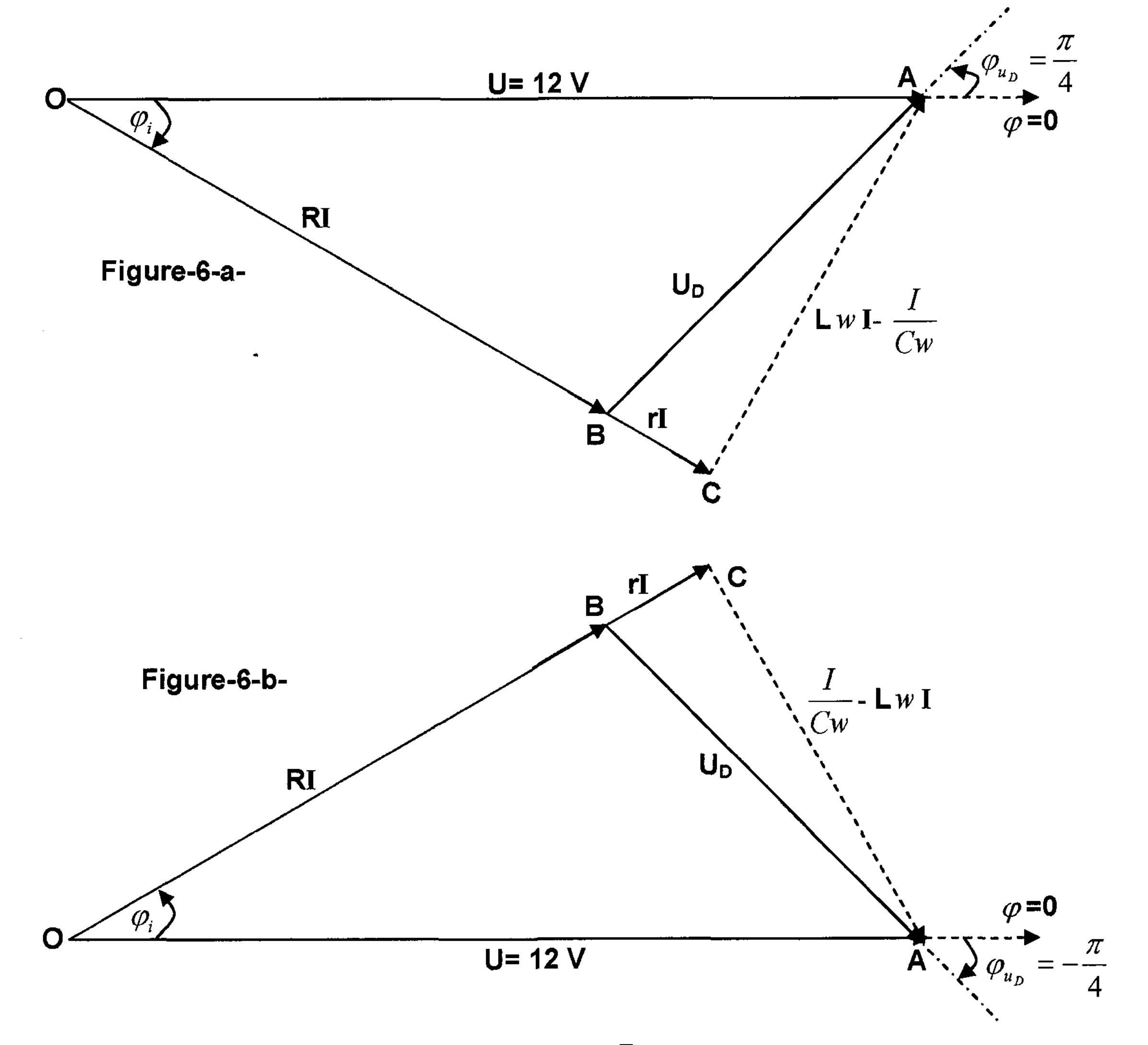
**1°/** $|\Delta\varphi| = |\varphi_{u_D} - \varphi_u| = w\,.\Delta t = \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{8} = \frac{\pi}{4}$ rad puisque $u_D(t)$ est en avance de phase par rapport à u(t) ($u_D(t)$ atteint sa valeur maximale avant u(t)) par suite

$\Delta\varphi = \varphi_{u_D} - \varphi_u = \frac{\pi}{4}$ rad or $\varphi_u$ =0 alors $\varphi_{u_D} = \frac{\pi}{4}$ rad >0.

**2°/**

**a-** $u_D(t) = u_r(t) + u_L(t) + u_C(t)$ alors

$\overrightarrow{BA}\,(U_D;\ \varphi_{u_D}) = \overrightarrow{BC}\,(U_r = r\,I;\ \varphi_i) + \overrightarrow{CA}\,(U_L - U_C = L\,I\,w - \frac{I}{Cw};\ \varphi_i + \frac{\pi}{2})$.




**b-** La figure -6-a- correspond à notre circuit, car $\varphi_{u_D} = \frac{\pi}{4}$ rad.

**c-** Le circuit est inductif, car $\varphi_u - \varphi_i = -\varphi_i > 0$ alors $\varphi_i < 0$.

**3°/** Echelle : 1V correspond à 1cm, car $\overrightarrow{OA}$ mesure 12 cm et U= 12V.

* $\overrightarrow{BC}$ mesure 1,6 cm alors r I = 1,6V alors $I = \frac{1,6}{r}$.AN : $I = \frac{1,6}{20}$ = $8.10^{-2}$ A.

* $\overrightarrow{OB}$ mesure 8,7 cm alors R I = 8,7V alors $R = \frac{8,7}{I}$.AN : $R = \frac{8,7}{8.10^{-2}}$ = 108,75 Ω.

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/** $2NO_{(g)} + Br_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2\,NOBr_{(g)}$

| | $2NO_{(g)}$ | $Br_{2\,(g)}$ | $2\,NOBr_{(g)}$ | |
|---|---|---|---|---|
| t=0s | 0,6 | 0,3 | 0 | mol |
| t ≻ 0 | 0,6 - 2x | 0,3 - x | 2 x | mol |
| t=$t_f$ | 0,6 - 2$x_{f1}$ | 0,3 - $x_{f1}$ | 2 $x_{f1}$ | mol |

$0,6 - 2\,x_{f1} + 0,3 - x_{f1} + 2\,x_{f1} = 0,85$ d'où $x_{f1} = 0,05$mol.

Supposant que la réaction est totale et sachant que les deux réactifs sont pris en proportions stœchiométriques puisque $\frac{n_{(NO)_0}}{2} = n_{(Br_2)_0}$ alors $0,3 - x_m = 0$ d'où $x_m = 0,3$mol.

$\tau_{f_1} = \frac{x_{f_1}}{x_m}$. AN : $\tau_{f_1} = \frac{0,05}{0,3} = 0,16$

**2°/**

**a-** A la température $T_2$ : $0,6 - 2x_{f2} = 0,32$mol alors $x_{f2} = \frac{0,28}{2} = 0,14$ mol. $\tau_{f_2} = \frac{x_{f_2}}{x_m}$. AN : $\tau_{f_2} = \frac{0,14}{0,3} = 0,46$.

**b-** Partant de l'équilibre, le système a évolué dans le sens direct puisque $x_{f2} > x_{f1}$.

**c-** Suite de l'augmentation de la température l'équilibre se déplace dans le sens direct.
Or d'après la loi de modération relative à la température : une augmentation de la température, à pression et volume constant, d'un système fermé initialement en état d'équilibre chimique, favorise son évolution dans le sens de la réaction endothermique.
Le sens inverse associé au sens de dissociation de NOBr est exothermique.

**3°/*** D'après la loi de modération relative à la pression : A température et volume constants, toute augmentation de la pression d'un système fermé initialement en état d'équilibre chimique le déplace dans le sens qui tend à diminuer le nombre de mole total gazeux associé au sens direct et d'augmenter la quantité de matière de NOBr .

* L'augmentation de la pression n'a pas d'effet sur la constante d'équilibre car elle ne dépend que de la température.

### EXERCICE N°2 :

**A- 1°/** $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + HO^-$.

| | B | $H_2O$ | $BH^+$ | $HO^-$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | C | - | 0 | 0 | mol. |
| A $t_f$ | C-$y_f$ | - | $y_f$ | $y_f$ | mol. |

* On suppose que la reaction est totale alors $C - y_m = 0$ alors $C = y_m$.

* $y_f = [OH^-] = 10^{pH-pKe}$ d'où $\tau_f = \frac{y_f}{y_m} = \frac{10^{pH-pKe}}{C}$.

**2°/** $pH_2 \succ pH_1$ alors $10^{pH_2 - pKe} \succ 10^{pH_1 - pKe}$ or $C_1 = C_2 = C$ alors $\tau_{f_2} \succ \tau_{f_1}$.

**3°/**

**a-** * Deux solutions de bases de même concentration $C_1=C_2=C$, la base la plus forte est celle dont le $\tau_f$ de sa réaction avec l'eau est le plus grand or $\tau_{f_2} \succ \tau_{f_1}$ alors la base $B_2$ est plus forte que $B_1$.

* La base la plus forte est celle qui à $K_b$, la plus grande alors $K_{b_2} \succ K_{b_1}$.

**b-** La base la plus forte correspond à l'acide conjugué le plus faible alors l'acide $B_1H^+$ est plus fort que $B_2H^+$.

**B-**

**1°/** $A_1$ correspond à $C_2H_5NH_3^+$ et $B_2$ correspond à $NH_3$.

**2°/**

**a-** $K = \frac{[NH_4^+]_{éq}[C_2H_5NH_2]_{éq}}{[NH_3]_{éq}[C_2H_5NH_3^+]_{éq}}$ or $K_{b_1} = \frac{[OH^-]_{éq}[C_2H_5NH_3^+]_{éq}}{[C_2H_5NH_2]_{éq}}$ et $K_{b_2} = \frac{[OH^-]_{éq}[NH_4^+]_{éq}}{[NH_3]_{éq}}$ alors $K = \frac{K_{b_2}}{K_{b_1}}$.

$K = \frac{10^{-pK_{b_2}}}{10^{-pK_{b_1}}}$ or $pK_{b_2} = pKe - pK_{a_2}$ = 14 – 9,2 =4,8 alors $K = \frac{10^{-pK_{b_2}}}{10^{-pK_{b_1}}}$ .AN : $K = \frac{10^{-4,8}}{10^{-3,2}} = 2,5.10^{-2}$.

**b-** $K = 2,5.10^{-2} \prec 1$ alors la réaction est plus déplacée dans le sens inverse alors l'acide $NH_4^+$ est plus fort que l'acide $C_2H_5NH_3^+$.

**3°/**

**a-**

| | $NH_3$ | $+ C_2H_5NH_3^+$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | $+ C_2H_5NH_2$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t=0: | 0,01 | 0,01 | | 0,015 | 0,015 | mol. |
| A $t_f$ | 0,01 +$x_f$ | 0,01 +$x_f$ | | 0,015 -$x_f$ | 0,015 -$x_f$ | mol. |

$\pi = \frac{[NH_4^+][C_2H_5NH_2]}{[NH_3][C_2H_5NH_3^+]} = \frac{n(NH_4^+) \times n(C_2H_5NH_2)}{n(NH_3) \times n(C_2H_5NH_3^+)}$ .AN : $\pi = \frac{0,015 \times 0,015}{0,01 \times 0,01} = 2,25 \succ K$ alors le système évolue spontanément dans le sens inverse.

**b-** $K = \frac{n(NH_4^+)_{éq} \times n(C_2H_5NH_2)_{éq}}{n(NH_3)_{éq} \times n(C_2H_5NH_3^+)_{éq}} = \frac{(0,015 - x_f)^2}{(0,01 + x_f)^2} = 2,5.10^{-2}$ alors $\frac{(0,015 - x_f)}{(0,01 + x_f)} = 0,158$ d'où

$x_f = 11,59.10^{-3}$mol d'où $n(NH_4^+)_{éq} = n(C_2H_5NH_2)_{éq} = 3,41.10^{-3}$mol et $n(NH_3)_{éq} = n(C_2H_5NH_3^+)_{éq} = 21,59.10^{-3}$mol.

**4°/**

| | $NH_3$ | $+ C_2H_5NH_3^+$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | $+ C_2H_5NH_2$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t=0: | $(21,59.10^{-3} + 0,02)$ | $(21,59.10^{-3})$ | | $(3,41.10^{-3} + 10^{-3})$ | $(3,41.10^{-3})$ | mol. |
| A $t_f$ | $(41,59.10^{-3} - x_f)$ | $(21,59.10^{-3} - x_f)$ | | $(4,41.10^{-3} + x_f)$ | $(3,41.10^{-3} + x_f)$ | mol. |

$\pi = \frac{[NH_4^+][C_2H_5NH_2]}{[NH_3][C_2H_5NH_3^+]} = \frac{n(NH_4^+) \times n(C_2H_5NH_2)}{n(NH_3) \times n(C_2H_5NH_3^+)}$ .AN : $\pi = \frac{3,41.10^{-3} \times 4,41.10^{-3}}{41,59.10^{-3} \times 21,59.10^{-3}} = 16,74.10^{-3} \prec K$ alors le système évolue spontanément dans le sens direct.

$K = \frac{n(NH_4^+)_{éq} \times n(C_2H_5NH_2)_{éq}}{n(NH_3)_{éq} \times n(C_2H_5NH_3^+)_{éq}} = \frac{(3,41.10^{-3} + x_f) \times (4,41.10^{-3} + x_f)}{(41,59.10^{-3} - x_f) \times (21,59.10^{-3} - x_f)} = 2,5.10^{-2}$

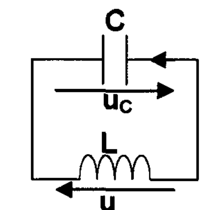
$0,975.x_f^2 + 8,32.10^{-3} x_f - 7,41.10^{-6} = 0$

$x_{f1} = 8,13.10^{-4} mol$ D'où $n(NH_4^+) = 5,22.10^{-3}$mol.

$x_{f2} = -9,34.10^{-3} mol \prec 0$

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :




**1°/** D'après la loi de maille u(t) + $u_C$(t) = 0 alors $L\frac{di}{dt}$ + $u_C$ = 0 or i = $\frac{dq}{dt}$ = C $\frac{du_C}{dt}$

alors $LC\frac{d^2u_C}{dt^2}+u_C=0$ alors $\frac{d^2u_C}{dt^2}+\frac{1}{LC}u_C=0$.

et puisque u(t) = - $u_C$(t) alors $-\frac{d^2u}{dt^2}-\frac{1}{LC}u=0$ d'où $\frac{d^2u}{dt^2}+\frac{1}{LC}u=0$.

**2°/ a-** u(t)= $U_m$sin($w_0t+\varphi_u$). Avec $U_m$=20V, $w_0=\frac{2\pi}{T_0};T_0=2\pi.10^{-3}s$ $w_0=\frac{2\pi}{2\pi.10^{-3}}=10^3$ rad.s$^{-1}$

à t=0 ; u(t=0)= $U_m$sin($\varphi_u$)=-$U_m$ alors sin($\varphi_u$) = -1 d'ou $\varphi_u=-\frac{\pi}{2}rad$.

u(t)= 20 sin($10^3$t $-\frac{\pi}{2}$) (V) et t(s).

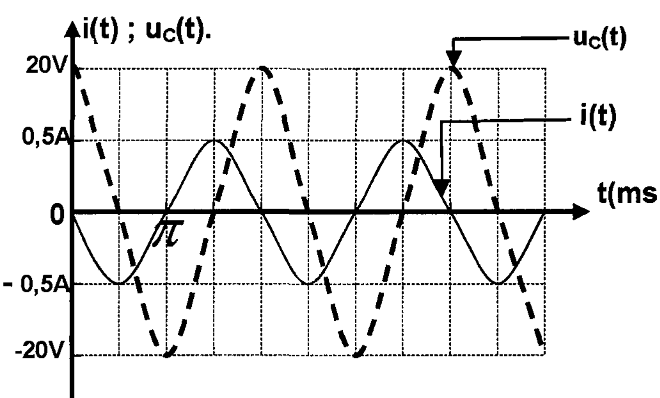
**b-** $u_C$(t)= - u(t) = - $U_m$sin($w_0t+\varphi_u$) = $U_m$sin($w_0t+\varphi_u+\pi$) = 20 sin($10^3$t $+\frac{\pi}{2}$) (V) et t(s).

i =C$\frac{du_C}{dt}$=C.Um.$w_0$ sin($w_0t+\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}$)=2,5.$10^{-5}$.20.$10^3$ sin($10^3t+\pi$)=0,5 sin($10^3t+\pi$) (A) et t(s).

**c-** E = $U_{cm}$= $U_m$ =20V et $w_0{}^2=\frac{1}{LC}alors:L=\frac{1}{C.w_0{}^2}.AN:L=\frac{1}{2,5.10^{-5}.10^6}=0,04H.$

**3°/**

**a-**




**b-** $u_C$=10V=$\frac{U_{cm}}{2}\succ 0$ au cours de la décharge alors $\frac{du_c(t)}{dt}\prec 0$ d'où cos($\frac{2\pi}{T_0}$ t $+\frac{\pi}{2}$)$\prec 0$

$U_{cm}$ sin($\frac{2\pi}{T_0}$ t $+\frac{\pi}{2}$)=$\frac{U_{cm}}{2}$ alors sin($\frac{2\pi}{T_0}$ t $+\frac{\pi}{2}$)=$\frac{1}{2}$ par suite $\frac{2\pi}{T_0}$ t $+\frac{\pi}{2}=\frac{5\pi}{6}+2K\pi.$

t $=(\frac{5}{6}+2K-\frac{1}{2})\frac{T_0}{2}$ $\Leftrightarrow t=(\frac{1}{3}+2K)\frac{T_0}{2}\geq 0$ alors $(\frac{1}{3}+2K)\geq 0 alors: K\geq -\frac{1}{6}$

La valeur de K associée au 2$^{ème}$ passage de la tension $u_C$ par la valeur $\frac{U_{cm}}{2}$ au cours de la décharge est K=1.

La date correspondante est : $t=\frac{7T_0}{6}=\frac{7}{6}\times 2\pi.10^{-3}=7,3.10^{-3}s.$

**4°/**

**a-** $\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$.

$\frac{d\xi}{dt} = \frac{q}{c}$ i + L. i. $\frac{di}{dt}$ = i.( $u_C$+ L. C$\frac{d^2u_C}{dt^2}$) or d'après l'équation différentielle on a : $u_C$+ L. C$\frac{d^2u_C}{dt^2}$=0

alors $\frac{d\xi}{dt}$=0 donc $\xi$ est constante.

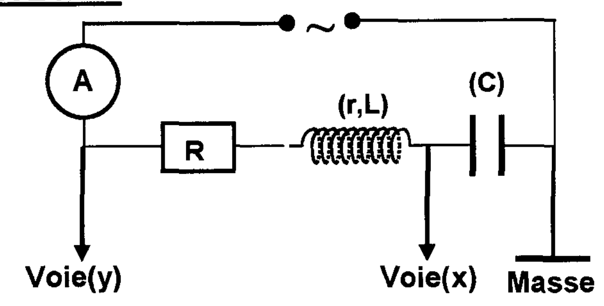
$\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$ pour q=0 on a $i = \pm I_m$ d'où $\xi = \frac{1}{2}LI_m^2$. AN : $\xi = \frac{1}{2}\times 0,04 \times 0,5^2 = 5.10^{-3} J$.

**b-** On a: $\xi = \xi_e + \xi_m$ et $\xi_e = \xi_m = \frac{\xi}{2}$ alors $\frac{1}{2}Cu_C^2 = \frac{\xi}{2}$ d'ou $u_C = \pm\sqrt{\frac{\xi}{C}}$.$AN : u_C = \pm 14,14V$.

**EXERCICE N°2 :**

**1°/**

**a-**




**b-** On a : $-\frac{\pi}{2} \prec \varphi_u - \varphi_i \prec \frac{\pi}{2}$ or $\varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2} = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ alors $-\frac{\pi}{2} \prec \varphi_u - \varphi_{u_C} - \frac{\pi}{2} \prec \frac{\pi}{2}$ alors $0 \prec \varphi_u - \varphi_{u_C} \prec \pi$

d'où $\varphi_u - \varphi_{u_C} \succ 0$ c-a-d u(t) est en avance de phase par rapport à $u_C$(t) or $u_{Courbe\,(1)}$(t) est en avance de phase par rapport à $u_{Courbe\,(1)}$(t) alors la courbe (1) correspond à u(t).

**c-** $|\Delta\varphi| = |\varphi_u - \varphi_{u_C}| = w_1 .\Delta t = \frac{2\pi}{T_1} \times \frac{T_1}{8} = \frac{\pi}{4}$rad puisque u(t) est en avance de phase par rapport à u(t)

(u(t) atteint sa valeur maximale avant $u_C$(t)) par suite $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{4}$rad.

**d-** $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{4}$ or $\varphi_{u_C} = \varphi_i - \frac{\pi}{2}$ alors $\varphi_u - \varphi_i + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{4}$ d'où $\varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{4}$rad $\prec 0$ alors

$\tan\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{L\omega_1 - \frac{1}{C\omega_1}}{R+r} \prec 0$ alors $L\omega_1 - \frac{1}{C\omega_1} \prec 0$ alors $L\omega_1 \prec \frac{1}{C\omega_1}$ d'où le circuit est capacitif.

**2°/ a-** (R+r)i(t) correspond à $\vec{V_1} = \overrightarrow{OA}$ ((R+r)$I_m$ ; $\varphi_i$) ; L$\frac{di(t)}{dt}$ correspond à $\vec{V_2} = \overrightarrow{AB}$ ($LI_mw_1 = U_{Lm}$ ; $\varphi_i + \frac{\pi}{2}$)

$\frac{1}{c}\int i(t)$ dt correspond à $\vec{V_3} = \overrightarrow{BC}$ ($\frac{I_m}{cw_1} = U_{Cm}$ ; $\varphi_i - \frac{\pi}{2}$) alors $\vec{V_3} = \overrightarrow{BC}$ correspond à 6 cm.

u(t) correspond à $\vec{V} = \overrightarrow{OC}$ ($U_m$ ; $\varphi_u$=0).

On a : * $\omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{3}}$ alors $\omega_1^2 = \frac{\omega_0^2}{3} = \frac{1}{3}\frac{1}{LC}$ alors $L\omega_1 = \frac{1}{3}\frac{1}{C\omega_1}$ d'où $U_{Lm} = \frac{1}{3}$ $U_{Cm}$ alors

$\vec{V_2} = \overrightarrow{AB}$ correspond à 2 cm.

* $\varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{4}$ rad et $\varphi_u - \varphi_{u_c} = \frac{\pi}{4}$ rad alors le triangle ABC rectangle en A est isocèle d'où

AB = AC c-a-d (R+r)$I_m$ = $\frac{I_m}{cw_1}$ - $LI_m w_1$ correspond à 4 cm.



**b-** * (R+r)$I_m$ correspond à 4 cm alors (R+r)$I_m$= 4x $2\sqrt{2} = 8\sqrt{2}$ V alors

$R= \frac{8\sqrt{2}}{I_m} - r$ .AN : $R= \frac{8\sqrt{2}}{0,2\sqrt{2}} - 10 = 30\Omega$ .

* $U_m$ correspond à 5,65 cm alors $U_m$= 5,65x $2\sqrt{2} = 11,3\sqrt{2}$ V = 16 V.

**c-** *$E_0 = P_{moy}T_1 = (R+r)I^2 \frac{2\pi}{\omega_1}$ alors $\omega_1 = \frac{2\pi(R+r)I^2}{E_0}$ .AN: $\omega_1 = \frac{2\pi \times (30+10) \times 0,2^2}{3.10^{-2}}$ = 335,1rad.s$^{-1}$

* $U_{Lm} = LI_m\,\omega_1$ correspond à 2 cm alors $U_{Lm} = LI_m\,\omega_1$ = 2x $2\sqrt{2} = 4\sqrt{2}$ V alors $L= \frac{4\sqrt{2}}{I_m\omega_1}$.

AN : $L= \frac{4\sqrt{2}}{0,2\sqrt{2} \times 335,1}$ = 0,06H.

* $U_{Cm} = \frac{I_m}{C\omega_1}$ correspond à 6 cm alors $U_{Cm} = \frac{I_m}{C\omega_1}$ = 6x $2\sqrt{2} = 12\sqrt{2}$ V alors $C= \frac{I_m}{12\sqrt{2} \times \omega_1}$ =5.10$^{-5}$ F.

**3°/**

**a-** u(t) est en quadrature avance de phase par rapport à $u_C$(t) alors $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{2}$ or $\varphi_{u_C} = \varphi_i - \frac{\pi}{2}$ alors

$\varphi_u - \varphi_i + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2}$ d'où $\varphi_u - \varphi_i = 0$ , on a tg ($\varphi_u - \varphi_i$)= $\frac{L\omega_2 - \frac{1}{C\omega_2}}{R+r}$ =0 alors $L\omega_2 = \frac{1}{C\omega_2}$ d'où $\omega_2 = \omega_0$

alors le circuit est en état de résonance d'intensité.

**b-**A la résonance d'intensité, on a : $I_m = \frac{U_m}{R+r}$ .AN : $I_m = \frac{16}{30+10}$ =0,4A .

$\omega_2 = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0,06 \times 5.10^{-5}}}$ = 577,35 rad.s$^{-1}$ et $\varphi_u = \varphi_i = 0$ alors i(t)= 0,4 sin (577,35 t ).

**c-** * E= $E_C + E_L = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\sin^2(\omega_0 t+\varphi_q) + \frac{1}{2}L\omega_0^2 Q_m^2 \cos^2(\omega_0 t+\varphi_q)$ or $L\omega_0^2 = \frac{1}{C}$ alors

$E= \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\sin^2(\omega_0 t+\varphi_q) + \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}\cos^2(\omega_0 t+\varphi_q) = \frac{1}{2}\frac{Q_m^2}{C}$ = Cte.

* E= $E_C + E_L = \frac{1}{2}C\,u_C(t)^2 + \frac{1}{2}Li(t)^2$ =Cte alors si q= 0 alors $u_C$(t) = 0 d'où i(t)= ± $I_m$ =± $\frac{U_m}{R+r}$

par suite $E= \frac{1}{2}Li(t)^2 = \frac{U_m^2 L}{2(R+r)^2}$.

**d-** $E= \frac{U_m^2 L}{2(R+r)^2}$. AN : $E= \frac{16^2 \times 0,06}{2(30+10)^2}$ = 48.10$^{-4}$ J.

# CORRECTION

## CHIMIE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/a-** $2NO_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2\,NO_{(g)} + O_{2\,(g)}$

| | $2NO_2$ | $2\,NO$ | $O_2$ | |
|---|---|---|---|---|
| t=0s | 4 | 0 | 0 | mol |
| $t \succ 0$ | 4 - 2x | 2 x | x | mol |
| $t=t_f$ | $4 - 2x_f$ | $2\,x_f$ | $x_f$ | mol |

**b-** $4 - 2x_f + 2\,x_f + x_f = 4{,}1$ d'où $x_f = 0{,}1$mol.
Supposant que la réaction est totale $4 - 2x \geq 0$ *alors* $x \leq 2$ d'où $x_m$=2mol.

$\tau_{f_1} = \frac{x_f}{x_m}$. AN : $\tau_{f_1} = \frac{0{,}1}{2}$=0,05

**2°/** Lorsque l'équilibre précédent est atteint $n_{(NO)_{initial}} = 2.x_f = 0{,}2mol$
Suite de l'augmentation de température et lorsque l'équilibre est atteint de nouveau
$n_{(NO)_{Final}} = 1{,}76mol \succ n_{(NO)_{Initial}} \Rightarrow$ Suite à l'augmentation de la température l'équilibre se déplace dans le sens direct.
Or d'après la loi de modération relative à la température : une augmentation de la température, à pression constante, d'un système en état d'équilibre chimique, favorise son évolution dans le sens de la réaction endothermique.
Le sens direct associé au sens de dissociation de $NO_2$ est endothermique.

**3°/** Pour déplacer le système dans le sens inverse, associé au sens qui diminue le nombre de mole total gazeux, il faut augmenter la pression.
Puisque, d'après la loi de modération relative à la pression : A température et volume constants toute augmentation de la pression d'un système fermé initialement en état d'équilibre chimique le déplace dans le sens qui tend à diminuer le nombre de mole total gazeux.

**4°/** D'après la loi de modération relative à la concentration : A température, à pression et à volume constants, toute augmentation de la concentration de l'un des constituants d'un système ouvert déplace ce système dans le sens qui tend à diminuer.
Alors l'ajout d'une quantité d'$O_2$ déplace l'équilibre dans le sens inverse.
Cette perturbation n'a pas d'effet sur la constante d'équilibre car elle ne dépend que de la température.

### EXERCICE N°2 :

**A/**

**1°/**

**a-** $B_1$ : $CH_3NH_2$
$A_2$ : $CH_3COOH$

**b-** $pK_{b1}$= 3,2 et $pK_{b2}$= 14 – 4,8 =9,2 . Puisque $pK_{b1} \prec pK_{b2}$ alors $CH_3NH_2$ est plus forte que $CH_3COO^-$.

**2°/**

**a-** $CH_3COOH + CH_3NH_2 \rightleftharpoons CH_3COO^- + CH_3NH_3^+$.

**b-** $K = \pi_{éq} = \dfrac{[CH_3COO^-]_{éq}[CH_3NH_3^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}[CH_3NH_2]_{éq}}$.

**c-** $K = \pi_{éq} = \dfrac{[CH_3COO^-]_{éq}[CH_3NH_3^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}[CH_3NH_2]_{éq}} \times \dfrac{[OH^-]_{éq}}{[OH^-]_{éq}}$

Or $K_{b_1} = \dfrac{[CH_3NH_3^+]_{éq}.[OH^-]_{éq}}{[CH_3NH_2]_{éq}}$ et $K_{b_2} = \dfrac{[CH_3COOH]_{éq}.[OH^-]_{éq}}{[CH_3COO^-]_{éq}}$ alors $K = \dfrac{K_{b_1}}{K_{b2}}$ =$10^6$.

**3°/ a-** $\pi = \dfrac{[CH_3COO^-][CH_3NH_3^+]}{[CH_3COOH][CH_3NH_2]} = \dfrac{n_{CH_3COO^-} \times n_{CH_3NH_3^+}}{n_{CH_3COOH} \times n_{CH_3NH_2}} = \dfrac{0,1 \times 0,25}{0,2 \times 0,3} = 0,416 \prec K$. Le système évolue donc spontanément dans le sens direct.

**b-** Sachant que la réaction est totale dans le sens direct car K=$10^6 \succ 10^4$ et que $n_{CH_3NH_2} \prec n_{CH_3COOH}$ alors $CH_3NH_2$ est limitant.

| | $CH_3COOH$ | + $CH_3NH_2$ | ⇄ | $CH_3COO^-$ | + $CH_3NH_3^+$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | 0,3 | 0,2 | | 0,1 | 0,25 | (En mol) |
| A $t_f$ | 0,3- $x_f$ | 0,2- $x_f$ | | 0,1+ $x_f$ | 0,25+ $x_f$ | (En mol) |

$n_{CH_3NH_2}$ = 0,2- $x_f$=0 alors $x_f$=0,2 mol.

D'où la composition finale du mélange : $n_{CH_3NH_2)f}$ = 0 ; $n_{CH_3NH_3^+)f}$ = 0,25+ $x_f$ = 0,45mol.

$n_{CH_3COO^-)f}$ = 0,1+ $x_f$ =0,3mol et $n_{CH_3COOH)f}$ = 0,3 - $x_f$ = 0,1mol.

**B/**

**1°/**

**a-** $C_B$ = 0,02mol.L$^{-1}$ > $10^{-6}$ mol.L$^{-1}$ : alors on peut négliger la quantité de matière d'ion $OH^-$ provenant de l'ionisation propre de l'eau.

| | B | + $H_2O$ | ⇄ | $BH^+$ | + $OH^-$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A t=0 | $C_B.V_B$ | - | | 0 | 0 | (En mol) |
| A $t_f$ | $C_B.V_B$ - $x_f$ | - | | $x_f$ | $x_f$= $[OH^-]$.$V_B$ = $10^{pH - pKe}$.$V_B$ | (En mol) |

D'autre part : $\tau_f = \dfrac{x_f}{x_m}$. En supposant que la réaction est totale $C_B.V_B$ - x $\geq$0 alors x $\leq$ $C_B.V_B$

d'ou $x_m$ = $C_B.V_B$ par suite $\tau_{f_1} = \dfrac{10^{pH-pKe} \times V_B}{C_B \times V_B} = \dfrac{10^{pH-pKe}}{C_B}$.

AN : $\tau_{f_1} = \dfrac{10^{11,2-14}}{0,02} = 7,92.10^{-2}$.

**b-** La base B est faible car $\tau_f \prec 1$.

**2°/** $K = \dfrac{[BH^+]_{éq}.[OH^-]_{éq}}{[B]_{éq}}$ or $[BH^+]_{éq} = [OH^-]_{éq} = 10^{pH-pK_e} = 10^{-2,8} = 1,58.10^{-3} mol.L^{-1}$.

$[B]_{éq} = C_B - 10^{pH-pK_e} = 0,02 - 10^{-2,8} = 1,84.10^{-2} mol.L^{-1}$. AN : $K = \dfrac{(1,58.10^{-3})^2}{1,84.10^{-2}} = 1,35.10^{-4}$.

## PHYSIQUE :

### EXERCICE N°1 :

**1°/ a-** $\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$.

**b-** La courbe (a)représente $\xi$ (t) car elle est constante au cours du temps puisque le circuit ne renferme pas de résistance et que les oscillations s'effectuent sans intervention d'un générateur.

**c-** E=Constante alors $\frac{d\xi}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2\right) = i(L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C}) = 0$ sachant que $i \neq 0$ alors $L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = 0$

d'ou $L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$ : C'est l'équation différentielle.

**2°/a-** i(t)= $I_m$sin($w_0t + \varphi_i$). Avec $I_m$ =4.10$^{-3}$A, $w_0 = \frac{2\pi}{T_0}; T_0 = \pi.10^{-3}s$ $w_0 = \frac{2\pi}{\pi.10^{-3}} = 2.10^3$ rad.s$^{-1}$

à t=0 ; i(t=0)= $I_m$sin($\varphi_i$)=0 et i(t) est décroissante alors $\frac{di}{dt} \prec 0$ d'où $\cos\varphi_i \prec 0$ par suite $\varphi_i = \pi rad$.

i(t)= 4.10$^{-3}$sin(2.10$^3$ t + $\pi$) (A) et t(s).

**b-** $q(t) = \int i(t)dt = Q_m \sin(w_0 t + \varphi_q)$ telque $Q_m = \frac{I_m}{w_0} = \frac{4.10^{-3}}{2.10^3} = 2.10^{-6}C$ et $\varphi_q = \varphi_i - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} rad$.

$q(t) = 2.10^{-6} \sin(2.10^3 t + \frac{\pi}{2})$ (C) et t(s).

**3°/** $\xi = 4.10^{-6}J$.

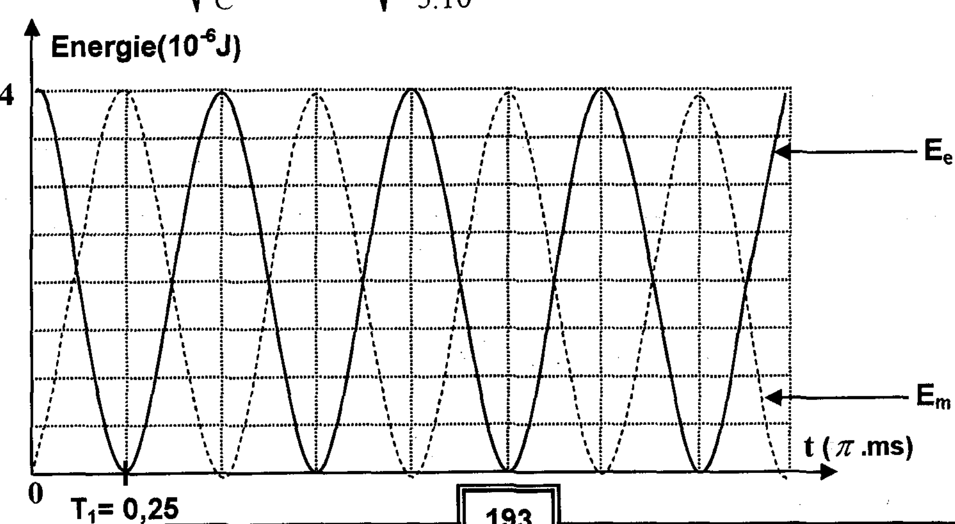
$\xi = \frac{q^2}{2C} + \frac{1}{2}Li^2$ pour i=0 on a $q = \pm Q_m$ d'où $\xi = \frac{Q_m^2}{2C}$ alors $C = \frac{Q_m^2}{2\xi}$ AN : $C = \frac{4.10^{-12}}{2 \times 4.10^{-6}} = 5.10^{-7}F$.

$w_0^{\ 2} = \frac{1}{LC}$ alors $L = \frac{1}{w_0^{\ 2}C}$. AN : $L = \frac{1}{5.10^{-7} \times 4.10^6} = 0,5H$.

**4°/a-** A t=0 ; i=0 alors $\xi_m = \frac{1}{2}Li^2 = 0$ d'où $\xi_e = \xi - \xi_m = \xi$ par suite la courbe (b) représente $\xi_e(t)$.

et $\xi = \frac{1}{2}CE^2$ alors $E = \sqrt{\frac{2\xi}{C}}.AN : E = \sqrt{\frac{2 \times 4.10^{-6}}{5.10^{-7}}} = 4V$

**b-**

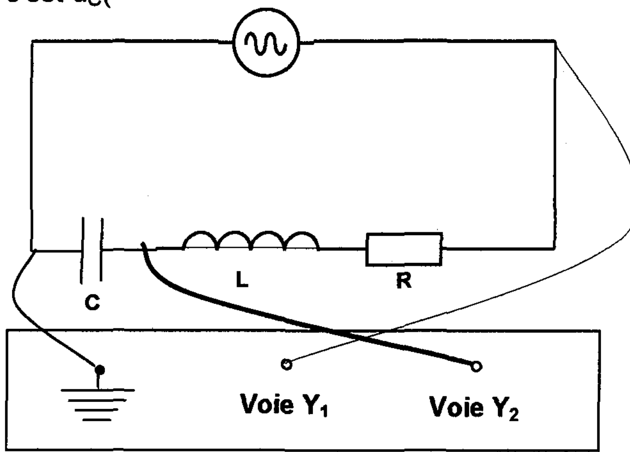


**EXERCICE N°2 :**

**I/ 1°/** $\left|\varphi_u - \varphi_{u_D}\right| = \frac{2\pi}{T}\times\Delta t = \frac{2\pi}{T}\times\frac{5T}{12} = \frac{5\pi}{6} rad.$

or u(t) est en avance de phase par rapport à $u_D$(t), alors : $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_{u_D} = \frac{5\pi}{6} rad.$

**2°/ a-** $-\frac{\pi}{2} \prec \varphi_u - \varphi_i \prec \frac{\pi}{2}$ or $\varphi_u - \varphi_{u_D} = \frac{5\pi}{6} rad \notin \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ donc $u_D$(t) ne peut pas être la tension aux bornes du résistor c'est $u_C$(t)




**b-** $i(t) = C\frac{du_C}{dt}$ $alors : \varphi_i = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ d'où $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \varphi_u - \varphi_{u_C} - \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{6} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{3} rad$

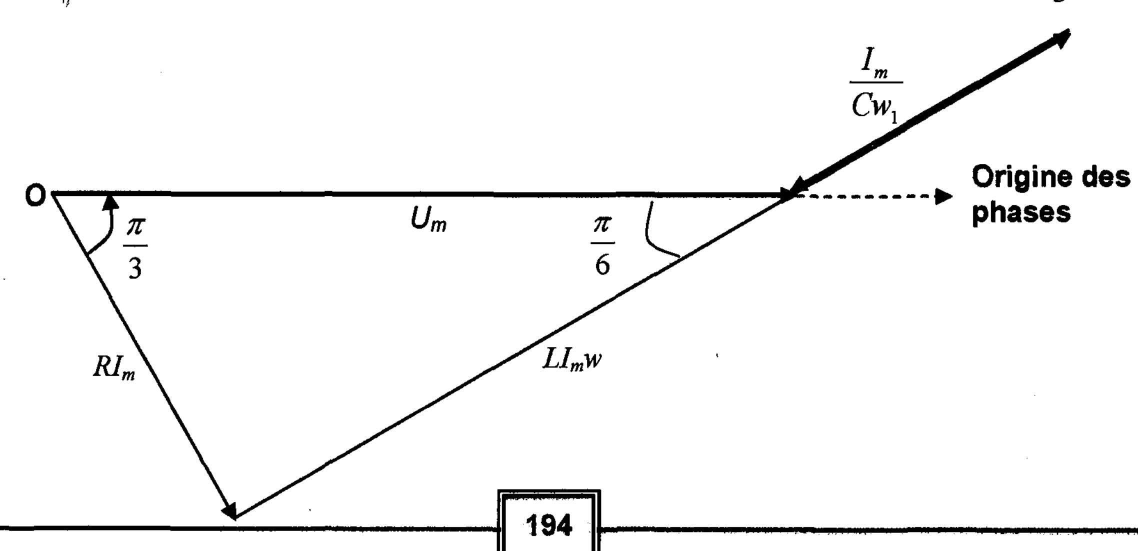
et puisque $\varphi_u - \varphi_i \succ 0$ alors le circuit est inductif.

**c-** $L\frac{di(t)}{dt}$ + (R+r) i(t) + $\frac{1}{C}\int i(t)dt$ = u(t).

Ri(t) correspond à $\vec{V_1}$ ($RI_m$ ; $\varphi_i = \frac{\pi}{3} rad$) ; L$\frac{di(t)}{dt}$ correspond à $\vec{V_2}$ ($Lw I_m$; $\varphi_i + \frac{\pi}{2}$)

$\frac{1}{c}\int i(t)$ dt correspond à $\vec{V_3}$ ($\frac{I_m}{cw} = U_{cm}$=4,3V ; $\varphi_i - \frac{\pi}{2}$) alors $\vec{V_3}$ correspond à 4,3 cm.

u(t) correspond à $\vec{V}$ ($U_m$= 10V ; $\varphi_u$=0) alors $\vec{V}$ correspond à 10 cm et $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{3} rad$



$I_m = U_{cm}.C.w$ . AN : $I_m = 4,3\times 2,9.10^{-6}\times 2.10^3 = 0,025A.$

$L.w.I_m = 12V$ alors $L = \frac{12}{w.I_m}$ AN : $L = \frac{12}{2.10^3\times 0,025} = 0,24H.$

$RI_m = 5V$ alors $R = \frac{5}{I_m}$.AN : $R = \frac{5}{0,025} = 200\Omega.$

**II/**

**1°/** $Z_{(L,C)} = \frac{U}{I}$ =0 alors $L.w_2 = \frac{1}{C.w_2}$ d'où $w_2{}^2 = \frac{1}{LC} = w_0{}^2$ par suite $w_2 = w_0$ le circuit est alors en état de résonance d'intensité.

**2°/**

**a-** $\varphi_u - \varphi_i = 0$ et $i(t) = C\frac{du_C}{dt} alors : \varphi_i = \varphi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$ d'où $\varphi_u - \varphi_{u_C} = \frac{\pi}{2} rad$ u(t) est alors en quadrature avance de phase par rapport à $u_C(t)$.

**b-** $u_C(t) = U_{C_m}\sin(w_2 t + \varphi_C)$

$\varphi_{u_C} = -\frac{\pi}{2} + \varphi_u$ alors $\varphi_{u_C} = -\frac{\pi}{2} rad$ puisque $\varphi_u = 0$

$w_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ AN : $w_2 = 1,17.10^3 rad.s^{-1}$. $I_m = \frac{U_m}{R}$ AN : $I_m = \frac{10}{200} = 5.10^{-2}A.$

$U_{cm} = \frac{I_m}{Cw_2}.AN : U_{cm} = \frac{5.10^{-2}}{2,9.10^{-6}\times 1,17.10^3} = 14,73V.$ $u_C(t) = 14,73\sin(1,17.10^3 t - \frac{\pi}{2})(V)$ et t(s).

**3°/**

**a-** Le coefficient de surtension, Q, est le quotient de la tension efficace aux bornes du condensateur par la tension efficace aux bornes du générateur.

$Q = \frac{U_{Cm}}{U_m}.AN : Q = \frac{14,73}{10} = 1,473 \succ 1.$

**b-** Il s'agit d'un phénomène de surtension puisque $Q \succ 1$.

# UNITES ET CONVERSIONS

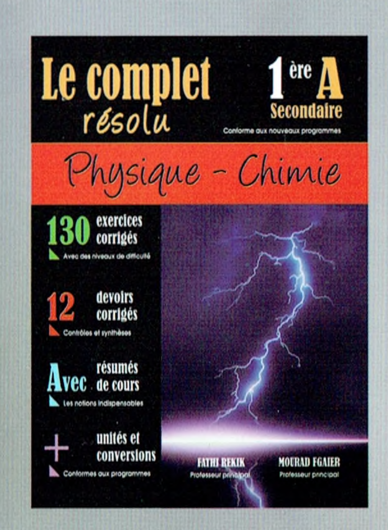
| Grandeurs physiques | Symbole | Unité dans le système international | Multiples et sous multiples |
|---|---|---|---|
| Femd'induction électromagnétique | e | Volt (V) | 1 milliVolt =1mV=$10^{-3}$V.<br>1microVolt =1 $\mu$ V=$10^{-6}$V. |
| Charge électrique | q ou Q | Coulomb (C) | 1 millicoulomb =1mC=$10^{-3}$C.<br>1microCoulomb=1 $\mu$ C=$10^{-6}$C.<br>1nanoCoulomb=1nC=$10^{-9}$C. |
| Distance | d | Mètre (m) | 1 millimètre =1mm=$10^{-3}$m.<br>1 centimètre =1cm=$10^{-2}$m.<br>1 kilomètre =1km=$10^{3}$m. |
| Durée | $\Delta t$ | Seconde (s) | 1ms =$10^{-3}$s. |
| Cte du temps $\tau$ du dipôle RC ou RL | $\tau$ | Seconde (s) | 1min = 60s.<br>1h =60 mn =3600s. |
| Intensité du courant électrique | I, $I_m$, $I_{eff}$ | Ampère (A) | 1 milliAmpère =1mA=$10^{-3}$A.<br>1 microAmpère =1 $\mu$ A=$10^{-6}$A. |
| Tension électrique | U; $U_m$; u | Volt (V) | 1 milliVolt =1mV=$10^{-3}$V.<br>1microVolt =1 $\mu$ V=$10^{-6}$V. |
| Capacité d'un condensateur | C | Farad (F) | 1 milliFarad =1mF=$10^{-3}$F.<br>1 microFarad =1 $\mu$ F=$10^{-6}$F.<br>1 nanoFarad =1nF=$10^{-9}$F. |
| Résistance | R | Ohm ($\Omega$) | 1KiloOhm= 1K $\Omega$=$10^{3}$ $\Omega$. |
| Permittivité absolue d'un diélectrique | $\varepsilon$ | F.$m^{-1}$ | |
| Energie | E, $E_C$, $E_L$ | Joule (J) | 1KiloJoule=1KJ= $10^{3}$ J.<br>1milliJoule=1mJ=$10^{-3}$J. |
| L'inductance | L | Herry (H) | 1 milliHerry =1mH=$10^{-3}$H. |

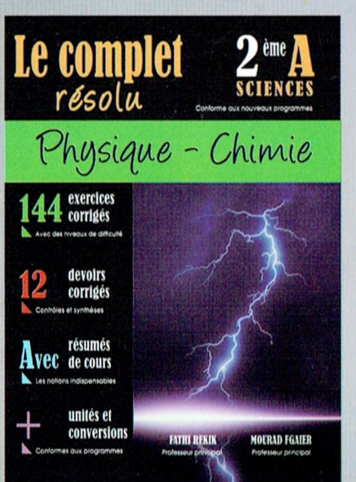
| Grandeurs physiques | Symbole | Unité dans le système international | Multiples et sous multiples |
|---|---|---|---|
| Fréquence | N | Hertz (Hz) | 1 killoHertz= 1KHz= $10^3$ Hz.<br>1 MégaHertz= 1MHz= $10^6$ Hz.<br>1 GigaHertz= 1GHz= $10^9$ Hz. |
| Pulsation | $\omega$ | rad.$s^{-1}$ | $2\pi$ rad.$s^{-1}$= 1 tour.$s^{-1}$. |
| Puissance | P | Watt (w) | 1 kiloWatt= 1kW=$10^3$W.<br>1 milliWatt = 1mW= $10^{-3}$W. |
| Période | T | seconde (s) | 1 Heure=1h=3600s.<br>1Minute = 1min = 60s. |
| Phase initial | $\varphi$ | rad | |
| Volume | V | $m^3$ | 1mL= $1cm^3$= $10^{-3}$L=$10^{-6}$ $m^3$.<br>1L = $10^{-3}$ $m^3$. |
| Concentration molaire | C | mol.$m^{-3}$ | Unité la plus utilisée: mol.$L^{-1}$. |
| Masse molaire | M | kg.$mol^{-1}$ | Unité la plus utilisée:g.$moL^{-1}$. |
| Volume molaire | $V_m$ | $m^3$.$mol^{-1}$ | Unité la plus utilisée: L.$mol^{-1}$. |
| Quantité de matière | n | mol | 1millimol= 1mmol= $10^{-3}$ mol |
| Vitesse d'une réaction | V | mol.$s^{-1}$ | 1mol.$mn^{-1}$= 1/60 mol.$s^{-1}$<br>1mol.$h^{-1}$ = 1/3600 mol.$s^{-1}$ |
| Vitesse volumique d'une réaction | $V_V$ | mol.$L^{-1}$.$s^{-1}$ | 1mol.$L^{-1}$.$mn^{-1}$= 1/60 mol.$L^{-1}$.$s^{-1}$<br>1mol.$L^{-1}$ $h^{-1}$ = 1/3600 mol.$L^{-1}$.$s^{-1}$ |

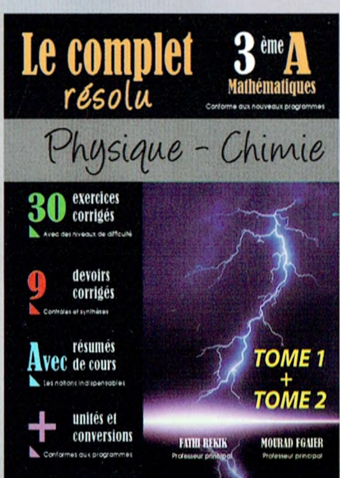
# Le complet résolu

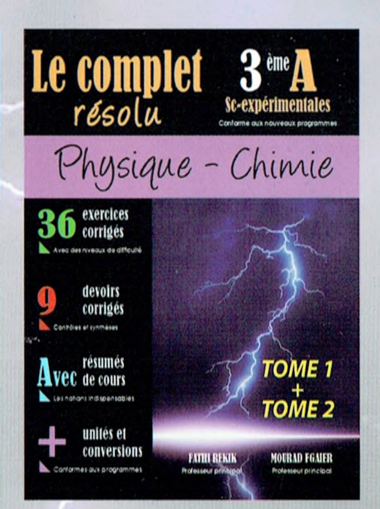
**Demandez la série : Le complet résolu**

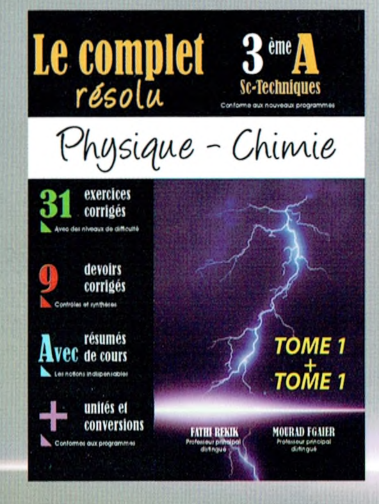
**Du 1ère année au 4ème année secondaire**

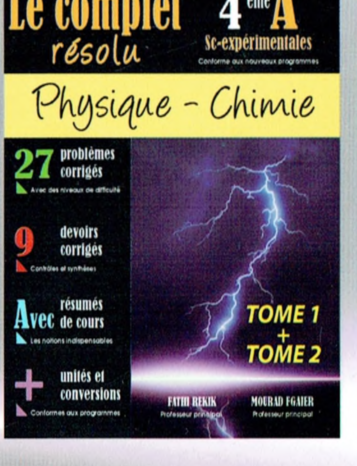


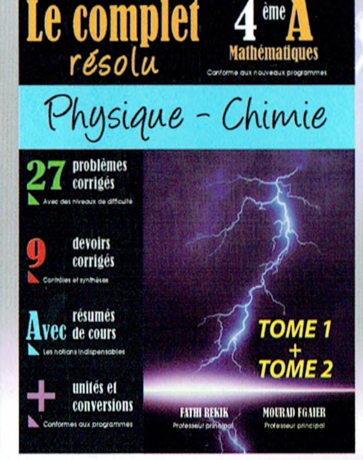



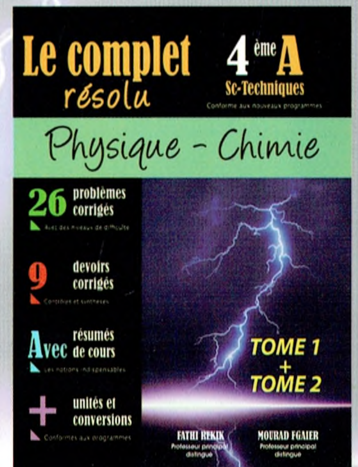




*Imp. SOGIC - Sfax - 74 242 634*

*Mobile : 97 298 565*

**Prix: 13,500D**

ISBN:978-9938-12-562-7

